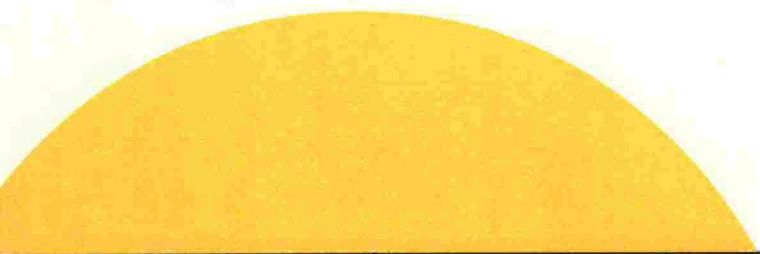


Kuumavesihiekoitusmenetelmä

Raportti kokeiluista Savo-Karjalan tiepiirin alueella

Tiehallinnon selvityksiä 55/2003



Kuumavesihiekoitusmenetelmä

Raportti kokeiluista Savo-Karjalan tiepiirin alueella

Tiehallinnon selvityksiä 55/2003

Kansikuva: Heikki Valkonen

ISSN 1457-9871
ISBN 951-803-156-8
TIEH 3200842

Verkkojulkaisu pdf (www.tiehallinto.fi/julkaisut)
ISSN 1457-1553
ISBN 951-803-157-6
TIEH 3200842-v

Kopijyvä Kuopio
Kuopio 2003

Julkaisua saatavana:
Tiehallinto, Savo-Karjalan tiepiiri
Faksi: 0204 22 5199
S-posti: savo-karjalan.tiepiiri@tiehallinto.fi

TIEHALLINTO
Savo-Karjalan tiepiiri
PL 1117
70101 KUOPIO
Puhelinvaihte 0204 22 11

Kuumavesihiekoitusmenetelmä. Kuopio 2003. Tiehallinto, Savo-Karjalan tiepiiri. Tiehallinnon selvityksiä 55/2003. 48 s. + liitt. 26 s. ISSN 1457-9871, ISBN 951-803-156-8, TIEH 3200842.

Asiasanat: talvihoito, liukkaudentorjunta, kitka, hiekoitus, suolaamaton tie, selvitys, savo-karjalan tiepiiri
Aiheluokka: 71

TIIVISTELMÄ

Tässä selvityksessä jatkettiin Savo-Karjalan tiepiirissä talvella 2000/2001 aloitettua liukkaudentorjuntaan tarkoitettua kuumavesihiekoitus-menetelmän tutkimista.

Kenttäkokeet tehtiin Suonenjoella talvina 01/02 ja 02/03. Hiekoituslaitteena käytettiin Arctic Machinen valmistamaa AM-Teho S70HH ja kitkamittaukset tehtiin Skidometer-mittausvaunulla. Tutkimuksen aikana hiekoituslaitteeseen tehtiin lukuisia parannuksia saatujen kokemusten perusteella.

Tutkimuksen yhteydessä sovellettiin niitä kokemuksia, joita Norjassa on saatu Vinterfriktion-tutkimuksessa kehitetyssä Fastsand-menetelmästä.

Ensimmäisen talven aikana parannettiin levityslaitteen ominaisuuksia ja pyrittiin löytämään sellainen kiviainesseos, joka toimisi mahdollisimman hyvin. Kokeissa todettiin, että hienoaineksen määrän on oltava 8-12 % ja veden määrä lähellä 30 paino-% ja lämpötilan yli 95 astetta. Katkaistu murske tai vastaa ei toimi ollenkaan. Leudon kevättalven takia 2001 ei saatu tehtyä kuin osa tarvittavista kokeista.

Menetelmää verrattiin koejaksoilla, joissa peräkkäin oli täysin käsittelemätön osuus, ilman suolaa oleva kuivahiekka ja kuumavesihiekoitus.

Keväällä 2003 pystyttiin tekemään melko riittävä koesarja itse menetelmän toimivuutta ajatellen. Talvi 02/03 oli Suonenjoella kylmä ja ilmastotyyppiltään sellainen, että vilkkaatkin IB-tiet pysyivät pitävinä, eikä talvihoidon laatuvaatimusten edellyttämiä hiekoitusilanteita ollut kovin montaa.

Kuumavesihiekoitus-menetelmä toimi kohtuullisesti ja lyhytaikaisesti saavutettiin erittäin hyviä kitka-arvoja. Kun seuranta jatkettiin 12-48 H saatiin osin ristiriitaisia tuloksia. Noin vuorokauden päästä ero kuivaan hiekkaan oli vaihteleva, vain harvoissa tapauksissa ero oli niin merkittävä, että seurantaa kannatti jatkaa pidemmälle.

Sisämaan ilmastossa kuumavesihiekoitus näyttäisi sopivan pakkaskausien pistehiekoitukseen, erityisesti jos yhden yksikön toiminta-alueella on paljon pistehiekoitusta tarvitsevia kohteita. Menetelmä ei tuo etuja II-III luokan linjahiekoitusilanteisiin, joissa hiekoitus tehdään ns. kaljama-keleissä. Märkä jääpolanne tai vesisade ja jäinen tie ovat juuri ne tilanteet joissa tonnimääräisesti tarvitaan suurin määrä hiekkaa.

Menetelmän yleistymiseen tulee vaikuttamaan oleellisesti toimintavarman hiekoituslaitteen käyttökustannus. Kustannusta voidaan alentaa joko uudella konstruktiolla tai kehittämällä kokonaisuutta niin, että se soveltuu muihinkin töihin, jotka eivät ole samanaikaisia hiekoituksen kanssa.

Keywords: winter maintenance, friction control, friction, sanding

SUMMARY

This study continued that research of wintertime sanding by hot-water-sanding-method that began during winter 2001/2002.

The place for field survey was Suonenjoki, near Kuopio, during winters 2001-2002 and 2002-2003. The sanding machine was Arctic Machine AM-Teho S70HH and friction measurements were done by Skiddometer-equipment. During the survey there were many improvements for the sander according to the experiments.

During the study those experiments in Norwegian project "Vinterfriktion" from method "Fastsand" were implemented in practice.

During the first winter most work was done for improving the sander-machine and for finding the right kind of sandmixture. Best results were with from 8 to 12 % fine grade material and with water amount near 30 % per weight and temperature over 95 degrees. Crushed aggregate without from 0 to 1 or 0 to 2 [mm] grain is not applicable when using this method.

Study was done with three lane-sectors following each others: one without any treatment, dry cold sand and hotwater-sand.

During spring 2003 more field test were done. Winter 2002-2003 was very cold at Suonenjoki region. Unsalted roads with ADT 1000-3000 (winter maintenance standard IB) were with adequate friction so the were not many cases that demanded sanding because of slipperness below maintenance standard.

The hot-water-sanding-method worked well and the just after treatment friction values were very good. During following 12 to 48 hours conflicting results were gained. After about one day the difference to dry-sand-method was varying, seldom the difference was so important that it was reasonable to continue the follow-up study.

Hot-water-sanding-method seems to be applicable specially for stable inland type of climate for spot sanding of intersections and difficult slopes during colder periods, more if within range of one unit are several targets. The method doesn't give any particular benefits for thin water layer on packed snow or ice or wet ice conditions. On those cases whole road length is treated and greatest deal of sand is spread.

The future usage of the method will greatly depend on the operating cost of robust sanding unit. The cost can be lowered either by new (cheaper) construction or by developing the unit so that it is capable for wider range of tasks that are not concurrent with sanding.

ESIPUHE

Yleisillä teillä liukkautta torjutaan hiekalla tai suolalla. Liukkaudentorjunnassa käytettiin Tiehallinnon ylläpitämällä teillä hiekkaa viime talvena 520 000 tonnia ja suolaa 75 000 tonnia. Perinteisesti toteutetun hiekoituksen yksi ongelma on se, että hiekka liikenteen vaikutuksesta ei pysy tiellä pitkään vaan siirtyy ajourien kohdalta pois.

Liukkaudentorjunnan laatuvaatimukset on urakkasopimuksissa määriteltä kitkavaatimuksina ja toimenpideaikoina. Alemmalla tieverkolla (hoitoluokat II ja III) puhutaan myös liikenteen tarpeen mukaisesta kitkasta. Tienkäyttäjiltä tuleva palaute talviaikana koskee suurimmaksi osaksi liukkautta. Tilaaajana Tiehallinto ei voi edellyttää jotain tiettyä menetelmää käyttöön otettavaksi. Se on urakoitsijan tehtävä.

Hoidon alueurakkasopimuksissa ollaan yhä enenevässä määrin siirtymässä toimivuusvaatimuksiin. Tavoitteena on, että urakoitsija entistä oma-aloitteisemmin toimii palveluhenkisesti tienkäyttäjien parhaaksi. Kenttäkokeissa kuumavesihiekoitusmenetelmästä saatiin ainakin osin ristiriitaisia tuloksia. Menetelmän kehitystyö jäänee nyt urakoitsijoiden ja laitevalmistajien harteille. Mikäli menetelmän käyttöönottamisella on vaikutusta hiekan tiellä parempaan pysyvyyteen tai parempaan kitkaan on selvää, että tilaajana Tiehallinto arvostaa tarjouksen laatupisteytyksessä urakoitsijaa, joka kertoo käyttävän-
sä urakassa menetelmiä, joilla teillä liikennöitävyyttä voidaan edelleen parantaa ja palveluhenkisyyttä lisätä.

Tutkimus on tehty yhteistyössä Savo-Karjalan tiepiirin, Arctic Machine Oy:n ja Tieliikelaitoksen kanssa.

Savo-Karjalan tiepiirissä tutkimusta on ohjannut Asko Pöyhönen. Laitteiston toimivuudesta on vastannut Arctic Machine Oy:ltä Olavi Virtanen, Ismo Virtanen ja Juha Nekkonen. Tutkimuksen toteutus ja raportti on tehty Tieliikelaitoksen konsultoinnin sekä Itä- ja Länsi-Suomen palveluyksikön yhteistyönä. Toteutukseen ovat osallistuneet Mauno Hyvärinen, Heikki Valkonen, Rauno Kuusela, Timo Väisänen, Ari Strandman, Pekka Puranen, Marja Bäck, Jonne Torikka, Pasi Mäkelä ja Juhani Voutilainen.

Kuopiossa Syyskuussa 2003

Tiehallinto
Savo-Karjalan tiepiiri

Sisältö

1	JOHDANTO	9
2	NORJALAISTEN KOKEMUKSET	10
2.1	Talvihoidon tutkimushanke "Vinterfriksjosprosjekt"	10
2.2	Kuumavesihiekoituksen tausta ja teoria lyhyesti	10
2.2.1	Hiekoituksen ongelmista	10
2.2.2	Kokeiltuja menetelmiä	11
2.2.3	Fastsand-menetelmän kuvaus	13
2.3	Polanteen karhennus tieterällä, tuloksia	14
3	TUTKIMUKSEN TAVOITE JA MENETELMÄT	16
3.1	Tavoite	16
3.2	Kevään 2002 tutkimuskohteet	16
3.3	Talven 2002/2003 tutkimuskohteet	18
3.4	Tutkimusmenetelmät	19
3.5	Tiesäätiedot	20
3.5.1	Tiesään mittaustiedot	20
3.5.2	Koska on liukasta	20
3.5.3	Kastepiste-ero	20
3.5.4	Tiesäätietoliite ja menetelmän vaikuttavuuden arviointi	21
3.6	Kitkanmittausmenetelmät	22
3.6.1	Kitkan mittauksen teoriaa	22
3.6.2	Skidometer kitkanmittauslaite	23
3.7	Hiekoituslaite	24
3.8	Testikohteiden liikennemäärät	24
3.9	Kevään 2002 sääolosuhteet	25
3.10	Talven 2002-2003 sääolosuhteet	28
4	TUTKIMUSTULOKSET	29
4.1	Kevät 2002	29
4.1.1	Hiekan annostelu kokeissa	29
4.2	Hiekoituksen pysyvyyskokeita, esimerkkejä	30
4.3	Talvi 2002-2003	33
5	KOKEMUKSIA LAITTEESTA JA MUUTOKSET	40
5.1	Työn aikana havaittua	40
5.2	Toteutuneet muutokset verrattuna testeissä käytettyyn laitteeseen	41
6	JOHTOPÄÄTELMIÄ JA KEHITETTÄVÄÄ	43
7	KUUMAVESIHIEKOITUKSEN EDULLISUUS	44
7.1	Laskennan taustaa	44

7.2	Käyttötapauksia	45
7.2.1	Pistehiekkoitusintensiivinen taajama-alue	45
7.2.2	Jyrkkä nousu	46
7.2.3	I-luokan tie jossa on erittäin tiukka suolamäärän rajoitus	47
8	LIITTEET	48

1 JOHDANTO

Mekaanisella liukkaudentorjunnalla tarkoitetaan yleensä niitä menetelmiä, joissa tien pinnalle levitetään hiekkaa tms. lisäämään tien pinnan ja ajoneuvon renkaan välistä kitkaa. Mekaaniseen liukkaudentorjuntaan on vuosien mittaan kehitetty erilaisia menetelmiä, joilla on pyritty parantamaan käytetyn materiaalin pysyvyyttä ajoradan pinnassa. Kehitystyötä on tehty niin Suomessa kuin ulkomaillakin, erityisesti Norjassa ja Ruotsissa.

Vuonna 2001 valmistui raportti ”Lämmitetyn materiaalin käyttö liukkaudentorjuntaan – materiaalin lämmitys höyrytämällä”, joka toteutettiin Savo-Karjalan tiepiirin ja Itä-Suomen palveluyksikön toimeksiannosta. Tutkimuksessa oli tarkoitus selvittää höyryllä kuumennettavan kitkaa lisäävän materiaalin pysyvyyttä ajoradan pinnassa sekä Arctic Machine Oy:n valmistaman prototyypin toimivuutta.

Yhteenvedona tuolloisesta tutkimuksesta todettiin, että laitteisto oli rakenteeltaan vielä prototyyppiasteella, joka aiheutti toimintaepävarmuutta työsuorituksiin. Edelleen todettiin, että tutkittava menetelmä aiheuttaa erityiset laatuvaatimukset liukkaudentorjuntamateriaalille. Nykyisin käytössä olevista kiwiainesmateriaaleista puuttuu tässä menetelmässä tarvittava hienoaaines. Myös kustannusten katsottiin tulevan huomattavasti korkeammiksi kuin perinteisellä menetelmällä.

Tutkimus ei ollut tuloksiltaan riittävä johtuen myöhäisestä tutkimusajankohdasta, jolloin olosuhteet eivät enää vastanneet normaalia liukkaudentorjuntatilannetta. Raportissa suositeltiin tutkimuksen jatkamista olosuhteissa, jotka vastaavat todellisia tarveolosuhteita sekä ajoradan pinnan että käytettävän materiaalin suhteen. Levityslaitteen toimintaperiaate ei myöskään silloin vastannut niitä menetelmiä, joilla oli saatu parempia tuloksia erityisesti Norjassa.

Tämä raportti on vuonna 2002 ja 2003 suoritetuista mittauksista. Vuoden 2002 kokonaisuudesta on tehty väliraportti, jonka tärkeimmät tulokset ovat mukana myös yhdistetyssä aineistossa.

Tutkimuksessa käytettyä laitetta on monella tapaa parannettu kesällä 2003, josta syystä tuotannosta jo poistetut laitteen ominaisuuksia ja puutteita ei käsitellä perusteellisesti tässä raportissa.

2 NORJALAISTEN KOKEMUKSET

2.1 Talvihoidon tutkimushanke "Vinterfriksjosprosjekt"

Norjassa valmistui 2003 hyvin laaja teiden talvihoitoon monella eri tapaa syventynyt tutkimus "Vinterfriksjosprosjekt". Tätä projektia edelsi syksyllä 1997 raportoitu esiselvitys nimeltään "Friksjonsforbedrende tiltakforprosjekt".

Kolmivuotinen tutkimushanke selvitti mm.:

- Liikenteen vaatimuksia talviselle liikkumiselle
- Tien liikennöitävyyden mittaaminen talvella, erityisesti kitka
- Kemiallinen liukkaudentorjunta; suolaus
- Hiekoitus eri menetelmillä
- Auraus ja tasaus eri menetelmillä

Tutkimushankkeen pääpaino oli käytännön menetelmien parantamisessa ja niiden kokeilussa erilaisissa olosuhteissa. Liukkaudentorjunnan, sään ja liikenteen yhteisvaikutuksia mitattiin laajoissa kenttäkokeissa. Kenttäkokeet tehtiin siten, että tulokset ovat tieteellisestikin päteviä ja luotettavia. Projektin päätoteuttajana on SINTEF.

Tutkimusta käynnistettäessä 1997 oli Norjassa keskustelua nastarenkaiden käytön rajoittamisesta, kieltämisestä tai erityisverotuksesta tietyillä alueilla mm. Oslossa, Bergenissä ja Trondheimissä. Tästä syystä hiekoitusta parantavat tai korvaavat menetelmät olivat heti alusta asti tärkeitä kohteita.

Hiekoituksen tehon parantaminen nähtiin olevan keino, jolla voidaan taata liikenteen sujuvuus vaikka nastarenkaita käytäisikin alle 20 % liikenteestä. Suolauksen tutkiminen ja/tai korvaaminen esim. paremmalla hiekoituksella oli vasta toissijaisena, joskin merkittävänä tavoitteena.

2.2 Kuumavesihiekoituksen tausta ja teoria lyhyesti

2.2.1 Hiekoituksen ongelmista

Tavanomaisen hiekoitus lisää liukkaan alustan ja auton renkaan välistä tarttuvuutta mekaanisesti siten, että renkaan pinta saa paremman kokonaisotteen. Kitka lisääntyy sitä enemmän mitä suurempi määrä saadaan lisäpin-taa antamaan kitkaa. Hyvin hienorakeinen aines esim. tuhka antaa lyhytaikaisesti parhaan tuloksen.

Hiekan tehoon vaikuttaa ratkaisevasti sen pysyvyys liikenteen irrottavan vaikutuksen aikana: hyvin hieno aines lentää helposti pois. Toinen vaikuttava tekijä on mahdollinen kuura tai vesikalvo, joka peittää hyvin hienon materiaalin. Märkä jää - tapauksessa hienolla aineksella ei ole vaikutusta.

Karkeampi 1-4 mm aines toimii kohtuullisesti liukkaimmissa tilanteissa, koska vesikalvo ei peitä sitä. Renkaan ja tien kosketuspintaan osuu myös riittävä määrä kitkaa lisäävää ainesta.

Yli 5 mm aines toimii parhaiten plus-asteissa märällä jäällä tai silloin kun hienempi aines jo uppoaa auringon vaikutuksesta jäähän/polanteeseen. Suurella raekoolla on haittavaikutuksia pysyvyyteen ja siihen, miten renkaiden heittämät kivet vahingoittavat maalipintoja, tuulilaseja ja rakenteita.

2.2.2 Kokeiltuja menetelmiä

Ruotsissa oli 1990-1995 kokeiltu useita erilaisia tapoja lämmittää hiekkaa tavoitteena saada se siten tarttumaan paremmin lumi- ja jääpolanteeseen. Alustavat protot johtivat kahteen erilaiseen menetelmään "Hot Stone" ja "Friction Maker".



Kuva 1 *Frikction Maker kuumavesihiekoitin. Öljypoltin ja kuumavesisäiliö ovat lavan takana. Hiekka kipataan telalevittimeen vesisäiliön lävitse.*

Hot Stone on levitysautomaatin periaatteella toimiva nestekaasutoimisella lämmitysputkistolla varustettu laite. Em. automaatin lisäksi kokeiltiin useita erilaisia tapoja lämmittää hiekka ennen kuormaamista tavalliseen levittimeen.

"Friction Maker" menetelmässä sekoitettiin hinattavassa telasirottelulaitteessa kiehuva kuuma vesi hiekkaan ja muodostunut massa levitettiin kaista kerrallaan tielle.

Kauden 1998/1999 aikana tehtiin vertailumittauksia norjalaisten tutkimuksessa ja kehitettiin edelleen kuumavesihiekoitus "Friction Maker"-menetelmää. Edelleen kehitetylle menetelmälle annettiin nimeksi Fastsand eli pito-hiekoitus.

Kokeiden tulosten perusteella lopetettiin kokonaan kuumennettu-hiekka-menetelmän jatkotutkimukset ja keskityttiin oleellisesti parempia tuloksia edullisemmin antaneeseen kuumavesihiekoitukseen "Fastsand".

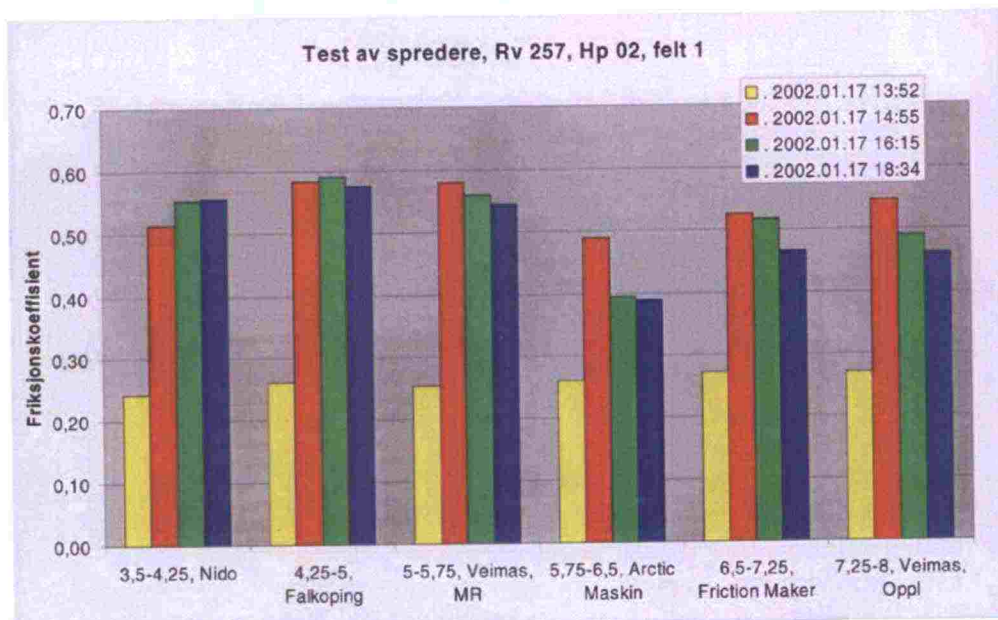


Kuva 2. Lautasperiaatteella toimiva Veimas-levitin. Laitteen levitin on Pietch ja öljypoltin vedenlämmitin Mec-Tec.

Kenttäkokeiden yhteydessä on annettu ja sponsoroitu laitevalmistajia edelleen kehittämään menetelmää ja laitteita. Talvina 2001-2003 oli kenttäkokeissa seuraavia laitteita:

- ♦ Friction Maker, telalevitin alkuperäinen ruotsalainen
- ♦ Fasan POH
- ♦ Fasa 2000, valmistaja Mec-Tec; telalevittimenä Epoke
- ♦ Epoke, hinattava, telalevitin
- ♦ Schmidt / Överansen - Nido, Stratoslava, parannettu versio tullut 2003
- ♦ Veimas Fasa 2000 / Mec-Tec; Piech lautataslevitin
- ♦ Falköping; uusittu versio 2002; lautanen
- ♦ Arctic-Machine, AM S70HH parannettu versio 2002; lautanen

Aluksi sekä Falköping ja AM käyttivät Fastsand-menetelmästä poikkeavaa lämmitystapaa tai lämpötilaa vedelle. Kaudella 01/02 myös nämä laitteet ovat perusmenetelmältään samat kuin muut. Mekaaniset ratkaisut, syöttölaitteet, vedenlämmitystapa ja -teho vaihtelevat eri laitetyypeissä.



Kuva 3. Kitkamittaustuloksia eräästä vertailevasta kuumavesihiekoitusko-
keesta Norjassa 17.1.2002. Useimmilla testatuilla laitteilla on saavu-
tettu merkittävä parannus polannepinnan lähtötasoon verrattuna (kel-
tainen). Melko vähäliikenteisellä tiellä vielä 6 H jälkeen kitka-arvot
ovat pysyneet todella hyvinä. Huom. kitkamittaus eri menetelmällä
kuin Suonenjoen kokeissa

2.2.3 Fastsand-menetelmän kuvaus

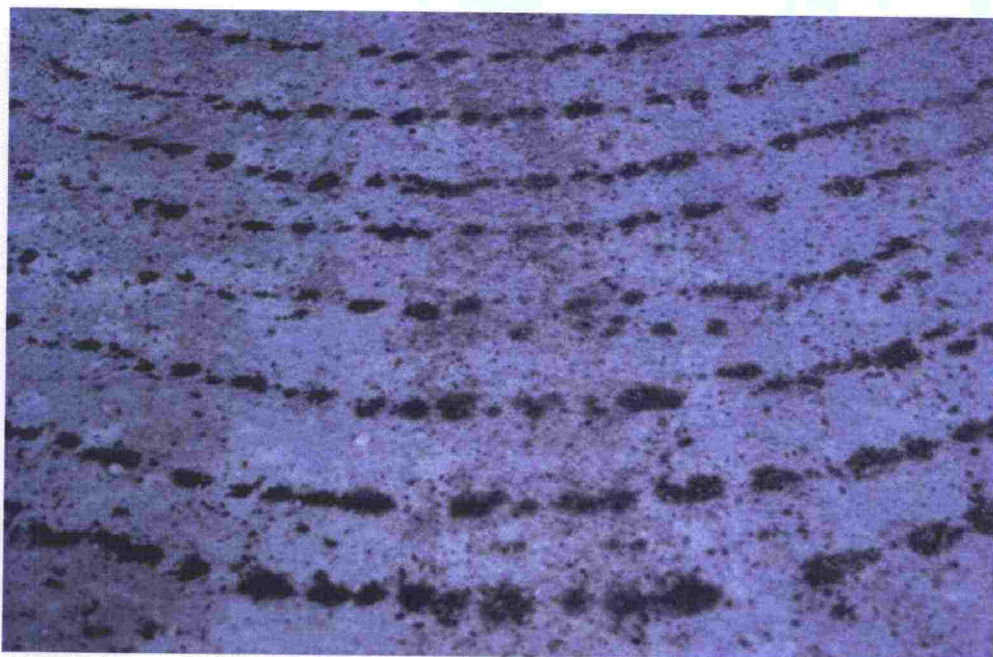
Fastsand menetelmän pääideana on kostuttaa hiekka kiehuvan kuumalla vedellä ($> 95^{\circ}\text{C}$) siten, että muodostuu vedellä kyllästyneitä kuumia hiekkamöykkyjä. Pudotessaan tielle hiekkapallon lämpökapasiteetti riittää sulattamaan jonkin verran lumista tai jäistä alustaa. Jos alusta on riittävän kylmä jäätyy sulanut kohta + vesihiekkamassa uudestaan parissa minuutissa ja tuloksena on erittäin tiiviisti tien pinnassa oleva hiekkakyyhmy.

Menetelmä ei toimi, jos hiekka ja vesi erottuvat levitettäessä tai hiekka on niin karkeaa että se ei kapillaarisesti ime ja pidätä vettä. Hienoainesta tarvitaan 8-12 %. Veden oikea määrä on tärkeä. Jos vettä on liian vähän, niin hiekka ei tartu olenkaan kiinni. Jos vettä on liikaa voi tien pinta tulla entistä liukkaammaksi vedestä ja/tai hiekan uudelleen jäätyminen kestää niin kauan, että liikenne ehtii kuljettaa sen pois.

Jos vesi on liian kylmää ei massan lämpökapasiteetti riitä hiekan kiinnittymiseen, tuloksena on helposti liikenteen vaikutuksesta siirtyvää jäätyneitä hiekkaa, jolla ei ole merkitystä kitkanlisääjänä. Kokeilujen tuloksen on optimiviesimääräksi todettu 30 % painosta. Hiekan hienoainespitoisuuden tulee olla riittävä, maksimiräekoko 4 mm on useimmiten toiminut paremmin kuin normaali 6 mm hiekka. Levitysmääräksi riittää noin $180\text{--}200\text{ g/m}^2$, yli $250\text{--}300\text{ g/m}^2$ määrät eivät paranna enää tulosta.

Veden lämpötila pitää olla sekoitushetkellä yli 95°C , joten veden ylläpito-
lämmitys myös ajon aikana on tarpeellista.

Levitystapa tielle voi olla joko telalevitin tai lautanen. Levitysnopeuden pitää olla luokkaa 15-20 km/h. Telalevittimellä voidaan käyttää suurempaa nopeutta, koska sillä riski hiekan ja veden erottumisesta on vähäisempi levitystahtumassa.



Kuva 4. Lautaslevittimen tekemä levitysjälki. Hiekka on jäänyt oikeaoppisesti Fastsand menetelmän mukaisiin kasoihin, jotka jäätyvät kiinni tien pintaan.

2.3 Polanteen karhennus tieterällä, tuloksia

Hiekoittamista on mahdollista vähentää menettelyllä, jossa jää tai lumipintaa yritetään saada mekaanisesti terällä karhentamalla ja tasaamalla pitävämmäksi. Karhentamismenetelmiä ja niiden todellisia vaikutuksia kokeiltiin 29 testijaksolla talvella 00/01 ja tarkemmin 02/03.

Talvella 00/01 kokeiltiin polanteen tasaukseen ja karhennukseen sopivia tieteriä. Höyläyksen yhteydessä mitattiin irronneen materiaalin määrää ja höylätyn pinnan kitkaa. Kokeilussa olivat seuraavat tyypit:

- | | |
|-------------------------|------------|
| ♦ tasaterä 6 mm | 6 mm glatt |
| ♦ jääterä Scana | Isriv |
| ♦ reikäterä P300 | |
| ♦ tappiterä System 2000 | |

Tulokset on tarkemmin eristetty raportissa nr. 2266 / April 2002.

Kenttäkokeissa samallakin terätyypillä tuli jonkin verran poikkeavia tuloksia eri koekerroilla. Useiden kokeiden yhteistuloksena tietyin varauksin voidaan esittää:

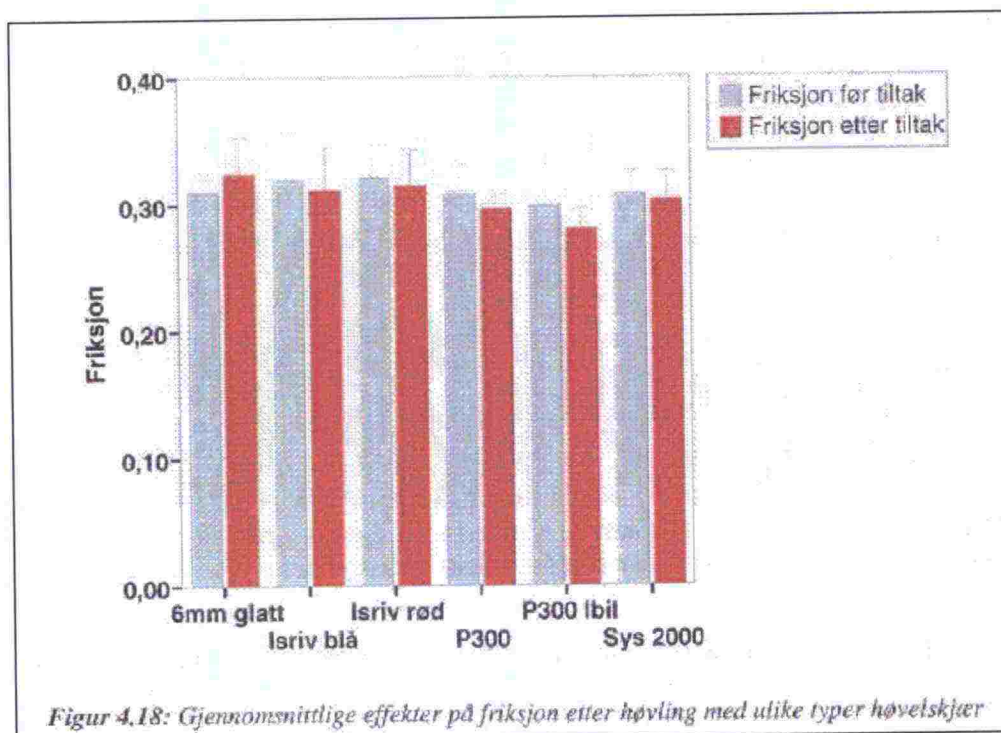
- ♦ tasaterä, vähäinen vaikutus useimmiten kitka lisääntyi hyvin vähän
- ♦ jääterä, lähes olematon vaikutus kitka ei lisääntynyt
- ♦ reikäterä, lähes olematon vaikutus, kitka väheni joskus

- ♦ tappiterä, vaikutus vaihteli kitka sekä lisääntyi että väheni, yleensä vaikutus hyvin vähäinen.

Yhteenvedona näyttäisi olevan, että silloin kun lumipolanteen kitka on 0,2-0,3 välillä ei höyläyksellä ole mitattavissa olevaa vaikutusta kitkaan.

Led-mittarilla voidaan mitata 0,5 mm tarkkuudella pinnan makrokarkeus eli tekstuuri. Näissä mittauksissa 6 mm tasaterä antoi sileimmän pinnan ja System 2000 jäljiltä karkeus oli odotetusti suurin. Näillä tekstuurin arvoilla ei kuitenkaan ollut vaikutusta mitattuun kitkaan.

Kokeiden perusteella raportissa todetaan, että pinnan karhennus ei voi korvata hiekoitusta. Tasaus kuitenkin välillisesti vähentää liukkaudentorjuntatarvetta, sillä ohut polanne paljastuu helposti nastojen vaikutuksesta tai hajasäteilyn sulattamana.



Kuva 5.

Tiehöylällä tehdyn karhennuskäsittelyn vaikutus polannepinnan kitkaan eri terätyypeillä. Vaalea = kitka ennen käsittelyä Tumma=kitka höyläyksen jälkeen. Summatulos kaikista tehdyistä kokeista.

3 TUTKIMUKSEN TAVOITE JA MENETELMÄT

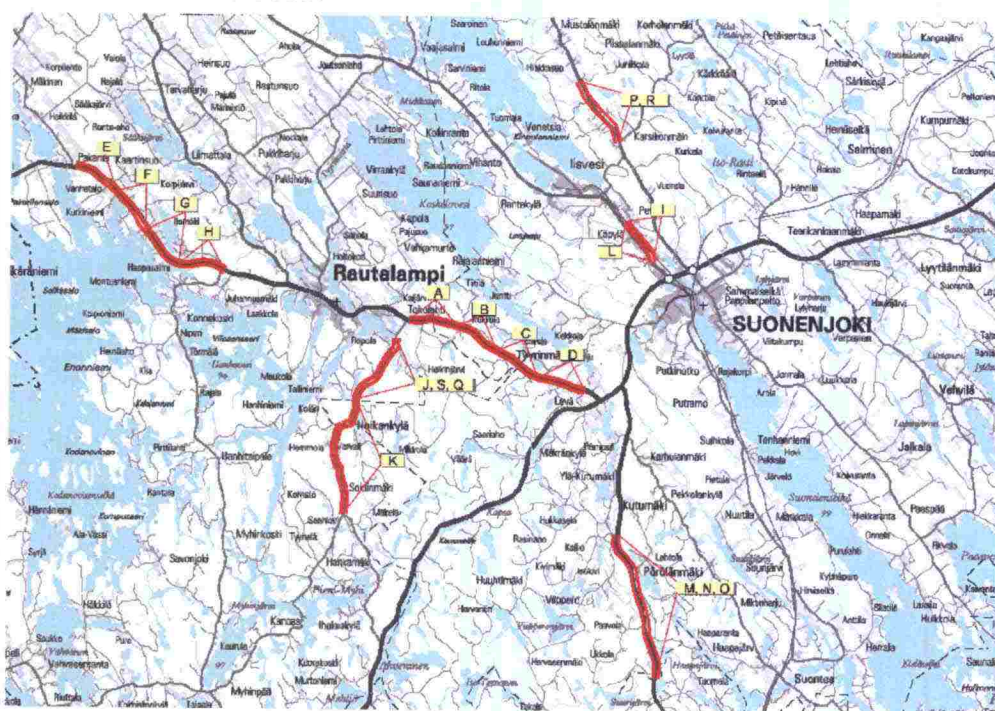
3.1 Tavoite

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli jatkaa niitä mekaaniseen liukkaudentorjuntaan liittyviä kokeita, joita tehtiin keväällä 2001 Savo-Karjalan tiepiiriin ja Tieliikelaitoksen yhteisessä menetelmäkokeessa.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kuumavesihiekkamenetelmän käyttökelpoisuus yleisillä teillä olevissa keli- ja liikenneolosuhteissa. Käyttökelpoisuus arvioitiin sekä nykyisten että mahdollisesti kiristyvien liukkaudentorjunnan vaikuttavuusvaatimusten avulla. Edelleen tavoitteena on saada käytettävyysskokemuksia Arctic Machine Oy:n uudesta menetelmää toteuttavasta laitteesta.

3.2 Kevään 2002 tutkimuskohteet

Tutkimus suoritettiin Savo-Karjalan tiepiiriin alueella Suonenjoella. Ennen kenttäkokeiden aloittamista tutkittaviksi teiksi valittiin kantatie 69, maantie 545 sekä maantie 5300.



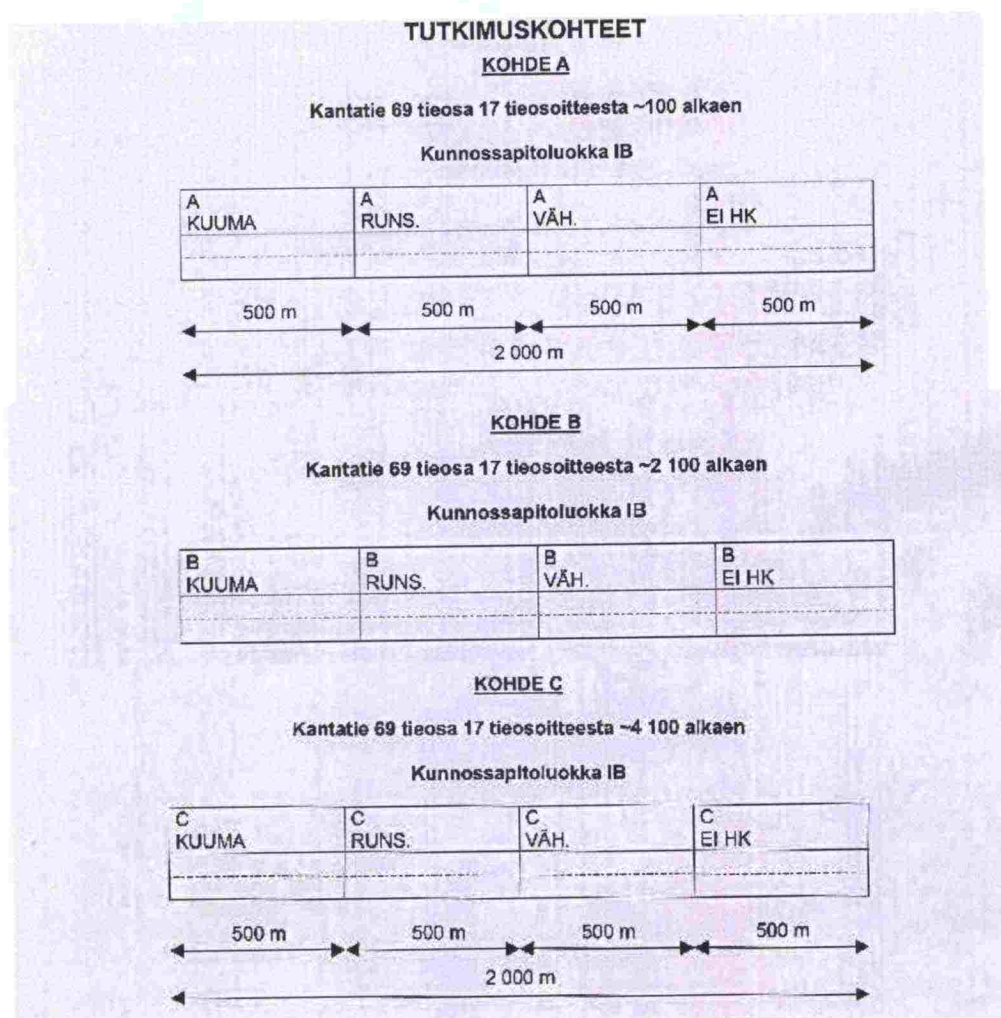
Kuva 6. Suonenjoen tutkimuskohteet.

Keväällä 2002 Kantatien 69 koehteissa vertailtiin kuumavesihiekoitusta, runsasta hiekoitusta (300 g/m^2), normaalia hiekoitusta (200 g/m^2) sekä osuutta, jolla ei ole mitään liukkaudentorjuntaa. Kunkin vertailuosuuden pi-

tuus oli noin 500 metriä, josta niin sanottua sekoittumisaluetta on 100 metriä molemmista päistä.

Kantatien 69 tutkimuskohteet olivat tieosalla 14 tieosoitteesta 100 alkaen tierekisterin kasvusuuntaan neljä (E, F, G ja H) kahden kilometrin pituista osuutta sekä tieosalla 17 tieosoitteesta 100 alkaen tierekisterin kasvusuuntaan neljä (A, B, C ja D) kahden kilometrin pituista osuutta.

Alla olevissa kuvissa on havainnollistettu kantatien 69 tutkimuskohteita.



Maantien 545 tutkimuskohteissa vertailtiin kuumavesihiekoitusta ja normaalia hiekoitusta kuurakelin olosuhteissa. Tällä koekohteella pyrittiin simuloimaan menetelmän sopivuutta muun muassa moottoritien rampeille. Kohteessa oli 60 km/h nopeusrajoitus.

Maantien 545 koekohteet olivat tieosalla 1 tieosoitteesta 1000 alkaen tierekisterin kasvusuuntaan yksi (I) kahden kilometrin pituinen osuus. Samaa osuutta oli myös tarkoitus käyttää kivituhkakokeilussa (L).

Maantien 5300 tutkimuskohteissa vertailtiin kuumavesihiekoitusta ja normaalia hiekoitusta pistehiekoituksessa mäkikohteissa..

Maantien 5300 tutkimuskohteet olivat tieosalla 1, jossa käytettiin kuumavesihiekoitusta (J, S ja Q), ja tieosalla 2, jossa käytettiin normaalia hiekoitusta (K).

Kenttäkokeiden aikana jouduttiin toteamaan, ettei testikohteita pystytäkään valitsemaan etukäteen, vaan sopivat kohteet on katsottava samana päivänä kuin koe suoritetaan. Tästä johtuen koekohteita jouduttiin muuttamaan ja lisäämään kenttäkokeiden aikana. Koekohteiden valinta "lennossa" tehtiin Skidometerin avulla, koska koealustojen kitkan ennen käsittelyä tulee olla mahdollisimman samanlainen.

Mäkikohteita lisättiin maantielle 5300 2 kappaletta (S ja Q). Kantatielle 72 tieosalle 23 lisättiin kohteet M, N ja O. Kohteissa suoritettiin kunnossapitoluokalle 1B:lle tarkoitetut kokeet.

Maantielle 548 tieosalle 2 lisättiin kohteet P ja R, joissa suoritettiin murskekokeiluja 0-6 mm ja 0-3 mm lajikkeilla.

3.3 Talven 2002/2003 tutkimuskohteet

Talvella 2002/2003 tutkimuskohteet olivat samoja kuin edellisenä talvena. Hiekoitusmateriaali saatiin nyt vastaavaksi kuin norjalaisten käyttämä eli hienoaineksen määrä oli yli 5 % useimmiten luokkaa 10 %. Tämä materiaali käyttäytyi kokeissa selvästi paremmin kuin hienoainekseton hiekka.

Koejärjestelyjä tiivistettiin siten, että vertailuhiekkana käytettiin täysin samaa materiaalia kuin kuumavesihiekoituksessakin. Hiekan seassa ei käytetty suolaa ja sen annos oli normaali 300 g/m².

Talvi oli kylmä ja olosuhteiltaan vähän liukkaudentorjuntaa edellyttävää. Tästä syystä koetilanteita ei saatu kaikista niistä kelitilanteista, kuin oli toivottu. Täysin samasta kelitilanteesta ei ole tarkoituksenmukaista ottaa 4-5 kertaa enempää mittaushavaintoja.

3.4 Tutkimusmenetelmät

Koemenetelmä ja välineet

Tässä tutkimuksessa oli tarkoituksena selvittää kuumavesihiekkamenetelmän vaikutus liikenteen kannalta tarkasteltuna muutamissa keskeisissä keli-tilanteissa. Toivotut testitilanteet:

1. Linjamainen IB-tien liukkaudentorjunta
 - pysyvä keli-tilanne, pakkasta yli -4°C
 - pysyvä keli-tilanne $-4...0^{\circ}\text{C}$ (mahdollinen suolausalue)
 - lämpöaalto $0...+4^{\circ}\text{C}$
 - kuuranmuodostus, pakkasta $-4...-10^{\circ}\text{C}$, ajourat tai suurin osa ajokaistasta paljaana
2. Pistehiekoitus I – IB –luokan tiellä
 - pysyvä keli-tilanne, pakkasta yli -4°C
 - pysyvä keli-tilanne $-4...0^{\circ}\text{C}$
 - lämpöaalto $0...+4^{\circ}\text{C}$
 - kuuranmuodostus, pakkasta $-4...-10^{\circ}\text{C}$, ajourat tai suurin osa ajokaistasta paljaana
3. Pistehiekoitus II – III –luokan tiellä
 - pääpaino pysyvyydellä lumi- tai jääpolanteella erityiskohteissa, kuten isoimmat mäet ja vilkkaat liittymät.

Tutkimusta ei kohdistettu lumisateen tai vesisateen aikaiseen liukkaudentorjuntaan, koska kuumavesihiekoituksen hyödyt näissä tilanteissa ovat vähäisiä.

Liukkaudentorjunnan vaikutusta liikenteelle selvitettiin tarkoilla, jatkuvilla kitkamittauksilla. Kuumavesihiekoituksen suhteellisen vaikutuksen selvittämiseksi vertailukohteena oli tavallisella hiekoituksella käsitelty sekä täysin käsittelemätön osuus. Kitkamittaus tehtiin ennen käsittelyä sekä sen jälkeen tarkoituksenmukaisin väliajoin.

Suunnitelman mukaan kitkamittaukset tuli suorittaa puoli tuntia ennen käsittelyä, välittömästi käsittelyn jälkeen ja sen jälkeen 4, 8, 16, 24 ja 48 tunnin kuluttua käsittelystä. Tutkimuksen aikana jätettiin osa välimittauksista pois jos esim. liikenne oli hyvin hiljaista. Tulosteissa ennen käsittelyä tehty mittaus on merkitty tapahtuneeksi aikaan 0,0 H, käytännössä aikaero on voinut olla 15 min. – 60 min.

Täysin polannepintaisella tiellä mitattiin kitka ajourien välistä. Tien pinnan ollessa hyvin urautunut tai yli 30 % paljaana kitkamittaukset tehtiin erikseen urakohdista ja ajourien välistä. Talvella 2002/2003 ei tehty enää osittain paljaan tien tutkimuksia, koska hiekan vaikutuksen mittaus em. olosuhteissa osoittautui lähes mahdottomaksi keväällä 2002.

Kitkamittausten lisäksi arvioitiin ajotuntumaa henkilöautossa ja hiekan näkyvyyttä silmämääräisesti. Levitystilanne ja osa mittauksista dokumentoitiin digitaalivideolle.

3.5 Tiesäätiedot

3.5.1 Tiesään mittaustiedot

Tiesääaseman tiedoista voidaan tehdä kymmeniä tiesääilmiöitä kuvaavia havaintomuuttujia. Tässä yhteydessä ei selitetä tarkemmin näitä muuttujia.

Tietokannasta poimittiin seuraavat muuttujat:

- ♦ Ilman lämpötila C
- ♦ Tien pinnan lämpötila C
- ♦ Kastepiste-ero, joka kuvaa tien kuivumista tai mahdollista kuuran tai kasteen muodostumista.
- ♦ Sateen intensiteetti
- ♦ Sateen olomuoto jaolla pouta, vesisateesta :heikko, kohtalainen, runsas, lumisateesta: heikko, kohtalainen ja runsas
- ♦ Sadekertymä 24 H aikana 06...06

Sademäärään liittyvät tiedot ovat kohtuullisen luotettavia PWD-tyypin anturilla varustetussa asemassa. Kertymän absoluuttisessa määrässä voi mm. tuulesta riippuen olla isoja virheitä. Luokitteluun ei-sadetta, vähäinen sade, runsas sade saadaan kuitenkin täysin riittävät tiedot.

Koekohteiden pienilmasto vaikuttaa jonkin verran lumen sadantaan ja ilman ja tien pinnan lämpötilaan. Käytetty tiesääasema oli kuitenkin suhteellisen lähellä (n. 15 km) koekohteista, joten voidaan olettaa tietojen olevan kohtuullisen käyttökelpoisia. Kuurosateiden yhteydessä virhe voi olla tilapäisesti merkittävä.

3.5.2 Koska on liukasta

Tie on liukas jos siinä on vettä jossakin olomuodossa: jää, kuura, lumi, liikenteen tiivistämä lumi eli lumipolanne tai sen edelleen tiiviimpi muoto jääpolanne. Vähiten on liukasta lumipinnalla, eniten märällä jääpinnalla.

Jos tien pinta on kuiva tai melkein kuiva, ei se ole liukas kovallakaan pakkasella.

Kuuraisessa tienpinnassa jääkiteet ovat hyvin teräviä ja muodostavat hyvin kitkaa esim. auton renkaan kanssa. Vasta kun jääkiteet sulavat liikenteen tai ilman lämpötilan vaikutuksesta tulee pinnasta liukas. Liukastuminen on nopeinta siellä missä liikenne muuttaa nopeuttaan eli liittymissä, mäissä ja kaaripaikoissa.

3.5.3 Kastepiste-ero

Kastepisteellä tarkoitetaan sellaista lämpötilaa, jossa tiestä haihtuu yhtä paljon vettä kuin siihen tiivistyy ilmasta. Tie ei kastepistelämpötilassa kuivu eikä kostu. Kastepiste-ero kertoo suoraan kuivumisen tai kostumisen suhteellisen nopeuden.

Jos tie on kylmempi kuin kastepiste, niin siihen tiivistyy ilmasta kosteutta, tiivistyvän kosteuden g/m² määrä riippuu ilman suhteellisesta kosteudesta ja lämpötilasta. Karkeasti sanoen mitä lämpimämpi ja kosteampi ilma, sen enemmän siitä tiivistyy vettä. Kun ilma on alle -15 C on siinä alle 20 % siitä vesimäärästä kuin +5 asteessa. Isokaan kastepiste-ero ei aiheuta suuria g/m² vesimäärämuutoksia.

3.5.4 Tiesäätietoliite ja menetelmän vaikuttavuuden arviointi

Liitteissä on kahden erilaisia ilmasto-olosuhteista kuvaavan aseman koko talven sadanta ja lämpötilakäyrästä (Suonenjoki ja Salo/Tupuri). Käyrästä on avulla voi karkeasti arvioida erilaisia sääyhdistelmiä talvikautena.

Esitutkimuksessa on manuaalisesti päättelämällä arvioitu kuinka usein kuumavesihiekoituksen kannalta kilpailukykyiset olosuhteet vallitsevat jos yksi tai useampi ehdoista A,B,C on voimassa. Ehto D eli lumisade on rajoittavana kaikissa tapauksissa

A) Lumi- tai jääpolanne, joka pysyy liukkaana

1. tiellä on lumi- tai jääpolanne
2. ei hajasäteilyä auringosta
3. kastepiste-ero kuuran puolella
4. tien pinta kylmempi kuin suolausraja (IS-I) tai
5. tien pinta riittävästi pakkasella siten että ei muodostu vesifilmiä

B) Runsas liikenne, joka lisää erityiskohteiden liukkautta ja heittää pois tavanomaista hiekkaa

C) IS-I luokalla paljas tienpinta ja erittäin kylmä jakso ja kuuranmuodostusta (kastepiste-ero negatiivinen).

D) Ei vähäistäkään lumisadetta, joka peittää hiekan tai aiheuttaa au-raustarpeen

Tiesääliitteessä on alustavissa kokeiluissa merkitty väriajanalla ajanjaksoja jolloin kuumavesihiekoitus voisi olla edullinen ratkaisu. Rannikon olosuhteisiin kuuluvan Salo/Tupuri talven 01/02 datasta edullisten yli 2-3 vrk jaksojen päättely ei onnistunut. mm sateen olomuoto pitäisi ottaa huomioon pelkän sademäärän lisäksi Salon olosuhteissa.

3.6 Kitkanmittausmenetelmät

3.6.1 Kitkan mittauksen teoriaa

Kitka numeroarvona vertaa, hidastuvuutta jarrutuksessa tai kiihtyvyys nopeutta lisättäessä kappaleen putoamiskiihtyvyyteen. Sileillä kappaleilla suurin mahdollinen kitka-arvo on 1,0 eli kiihtyvyys voi olla enintään yhden g:n ($9,8 \text{ m/s}^2$) suuruinen.

Normaaliliikenteessä kitka-arvo 0,4-0,5 turvaa hyvän liikkumisen. Kitkan ollessa alle 0,30 - 0,25 huomaa osa autoilijoista jarrutusmatkan pitenemisen ja auton käyttäytymisen muutoksia kaarteissa. Kitka 0,2 on jo huomattavan liukasta ja vaikuttaa auton käyttäytymiseen monella tavalla. 0,15 - 0,1 ovat ns. pääkallokelejä.

Kitkaan vaikuttavat käytännössä sekä tien pinnan että renkaan ominaisuudet. Koeolosuhteissa on renkaan aiheuttama vaihtelu poistettava mahdollisimman luotettavasti.

Saavutettavaan kitkaan vaikuttaa myös renkaan lämpötila, se missä nopeudessa mittaus tehdään, jarrutuksen tapa, kuormitus ja lämpötila.



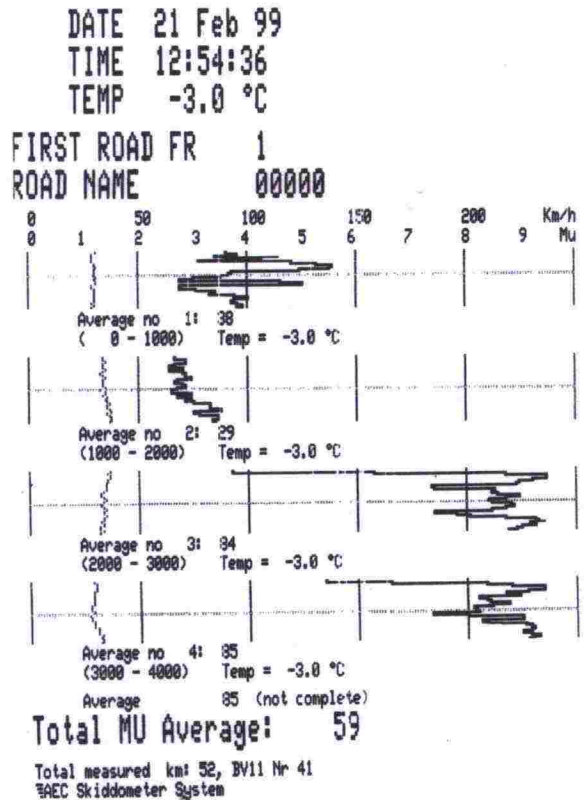
Kuva 7. Suonenjoen kokeissa käytetty Skidometer-kitkanmittauslaite

Tieolosuhteissa mittauksen pitäisi olla sellainen, että se kuvaa kohtuullisen hyvin normaalin (talvirenkailla) varustetun auton käyttäytymistä nopeuksissa 60-100 km/h. Absoluuttista kitka-arvoa tärkeämpi on toistettavuus eli mittaus antaa peräkkäisissä mittauksissa saman arvon.

3.6.2 Skiddometer kitkanmittauslaite

Skiddometer on hinattava mittalaite, joka on alunperin kehitetty lentokenttien tarpeisiin. Laite ei ole juurikaan riippuvainen mitausauton ominaisuuksista ja sen mittaus on automatisoitu siten, että mittaus on hyvin toistettavissa.

Mittausperiaate on vakioiluisto, eli se kuvaa kohutuullisen hyvin ABS-jarrutuksen suurinta hidastuvuutta. Vakioiluisto antaa parhaan tuloksen liukkaissa pinnoissa, pitävällä asfaltilla menetelmä ei ole paras mahdollinen. Pakussa irtolumessa tai muussa runsaasti irtaainesta sisältävällä alustalla vakioiluistoprosentti antaa yleensä virheellisen tuloksen.



Kuva 8. Skiddometer kitkamittarin tulosteliaska. Laite mittaa kitkaa jatkuvasti, jolloin myös liukkauden paikalliset vaihtelut ja niiden vaikutus on arvioitavissa.

Skiddometerin tuloksena saadaan halutun matkan esim. 100-300 m keskiarvo kitka ja n. 10 m välein tulostuva yksittäinen kitka-arvo. Vaihtelevilla alustoilla yksittäiset arvot voivat vaihdella suuresti lyhyelläkin matkalla.

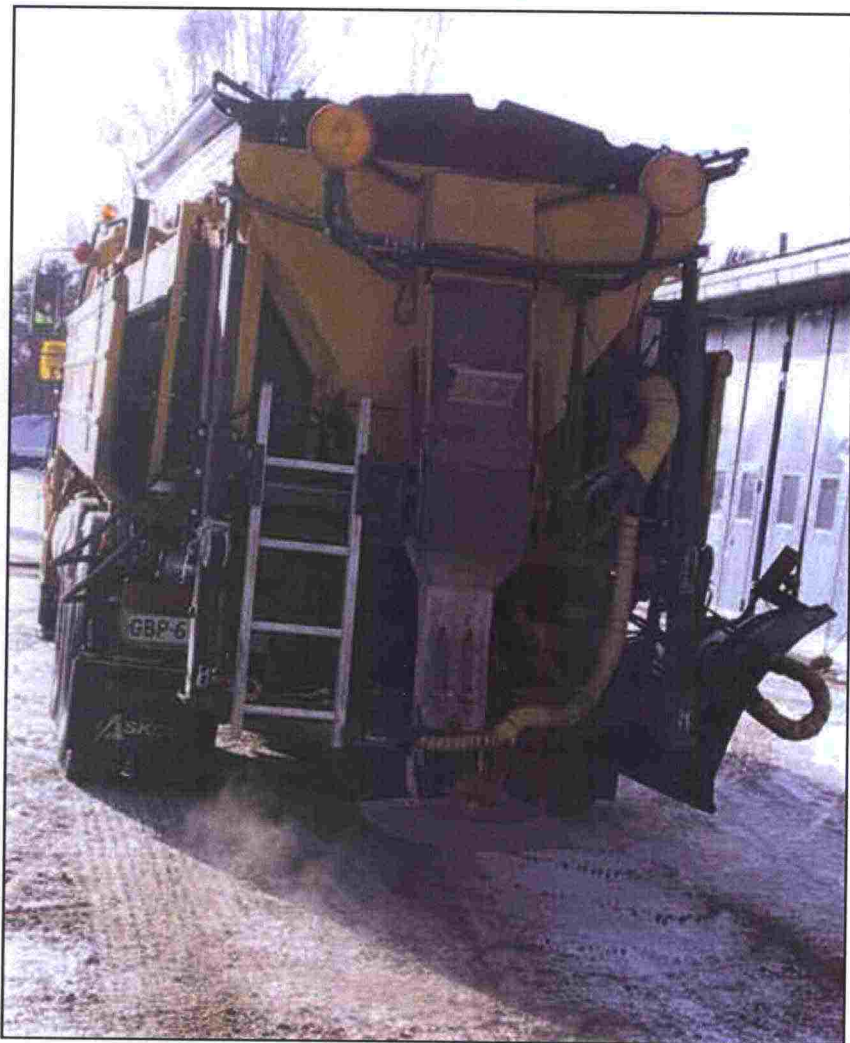
Kuvassa on neljä koejaksoa, joiden tulokset ovat

Jakso 1, average no 1	0,38
Jakso 2,	0,29
Jakso 3	0,85
Jakso 4	0,85

Tutkittaessa liukkaudentorjunnan vaikutusta pitää lähtökohtana olevan alustan olla homogeeninen ja niin liukas, että liukkaudentorjuntatarve on olemassa. Koesarjan tilanteissa pitäisi olla riittävästi alle 0,29 tilanteita.

Yllä olevassa kuvassa 8. ainoastaan jakso 2. olisi riittävän tasalaatuinen. Jaksossa 1 kitka vaihtelee 0,25 - 0,55 välillä, joten keskiarvoksi laskettu 0,38 ei oikeastaan kuvaa mitään kohtaa.

3.7 Hiekoituslaite



Kuva 9. AM-Teho S70HH hiekoituslaite. Yksikössä 2,5 M3 tankeita tuleva vesi lämmitetään yli 98 °C 300 kW:n tehoisella muunnetulla höyrykehittimellä ja sekoitetaan 30 % suhteessa hiekoitushiekkaa.

3.8 Testikohteiden liikennemäärät

Kantateillä 72 ja 69 sekä maantiellä 5300 suoritettiin liikennemäärien laskenta ennen kenttäkokeiden aloittamista. Liikennelaskennat suoritettiin 18.2. – 5.3.2002 välisenä aikana. Talvella 02/03 laskentoja ei toistettu, koska liikennemäärissä ei ole oleellisia muutoksia.

Kaikilla teillä liikennemäärien huiput ajoittuvat klo 12.00-17.00 välille. Yön aikainen liikenne on kantatiellä keskimäärin alle 10 ajoneuvoa ja maantiellä

5300 keskimäärin yksi ajoneuvo. Tarkasteluajanjakson liikenteellisesti viikkain viikonpäivä kantateillä oli perjantai ja maantiellä 5300 tiistai.

Alla olevaan taulukkoon on koottu laskenta-ajanjakson keskimääräiset liikennemäärät päivällä (kello 05.00 – 17.00) ja yöllä (kello 17.00 – 05.00) teit-
tään sekä raskaan ajoneuvoliikenteen osuus koko ajoneuvoliikenteestä.

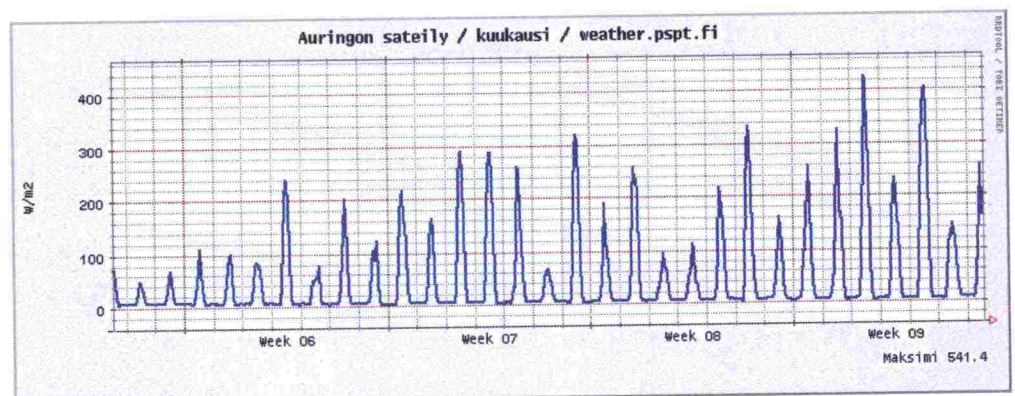
Tienumero	Tieosoite	Koko ajoneuvoliikenteen keskimääräinen liikennemäärä ajon. / tarkastelujakso		Raskaan ajoneuvoliikenteen osuus %
		Päivä (klo 05.00-17.00)	Yö (klo 17.00-05.00)	
Kt 69	17 3010	1104	336	10,9
Kt 72	24 1540	792	288	10,3
Mt 5300	01 290	120	36	6,7

Taulukko 1. Koko ajoneuvoliikenteen keskimääräiset liikennemäärät tarkastelu-
ajanjaksolla.

3.9 Kevään 2002 sääolosuhteet

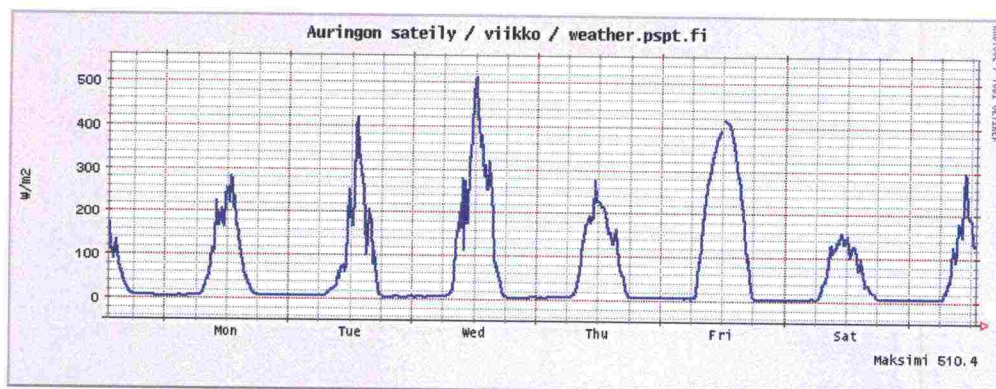
Kenttäkokeiden käynnistyessä helmikuussa 2002 oletettiin olevan sekä jää-
polannetta, kuuraa, pakkasta ja etenkin liukasta. Todellisuudessa säät vaihtelivat kovasta kuivasta pakkasesta, lämpöaaltoihin yhdistettynä rankkoihin aluksi lumi- ja myöhemmin vesisateisiin. Välillä aurinko lämmitti ja sulatti tarkkaan auratut tiet ja iltapäivisin olikin jo asfaltti märkää ja paljasta.

Tiesääkäyrät ja yhteenvedot koko talvikaudelta ovat liitteessä. Auringon vaikutus helmikuun puolenvälin jälkeen on erittäin merkittävä.



Kuva 10. Helmikuun auringonsäteilytiedot Kuopiossa 2002. Loppukuusta pilvenäkin päivänä hajasäteilyn kautta tulee tehoa 200 W/m².

Kuopionkin tasolla saadaan säteilytehoa Helmikuun toisella viikolla useina päivinä 300 W/m². Yhden päivän energiasaanto ylittää 1,0 kWh / m². Näin suuret lämmitystekot sulattavat tehokkaasti IB-II- teiden polanteet pois jos lumenpoisto on tehty tarkkaan. Suonenjoella lumi aurataan kelluvalla terällä ilman jalaksia tarvittaessa vielä alusterällä tehostaen, jolloin jäännöslumi on ohuin mahdollinen.



Kuva 11. Viikon 9 auringonsäteily tarkemmin esitettynä. Auringon vaikutus alkaa jo 9 aikoihin ja jatkuu n. 16:00 merkittävänä.

Kenttäkokeita tehtäessä ei osattu etukäteen riittävästi ottaa huomioon auringon vaikutusta tien pintaan. Koejärjestelyissä esim. metsä / pelto-osuudet eivät aina ole vertailukelpoisia. Homogeenisia testijaksoja löytyy vain rajoitettu määrä eivätkä ne voi olla kovin pitkiä.

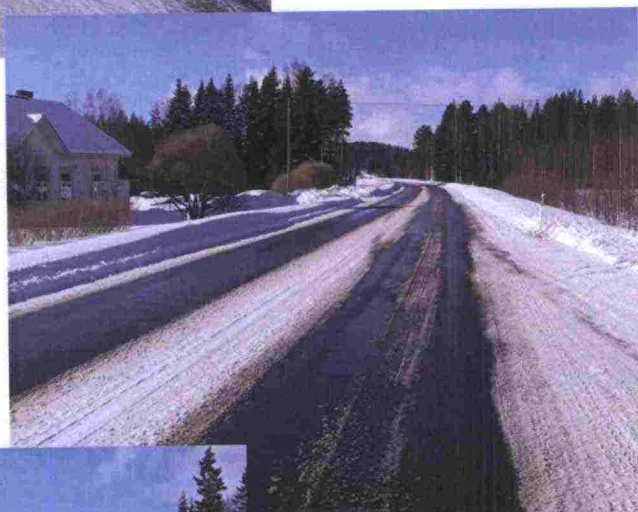
Kastepiste-eron suuri vaikutus vähäliikenteisillä polanneteilla oli yllättävän suuri. Hiekalla käsittelemättömän vertailujakson kitka saattoi muuttua yön aikana liukkaasta hyvin pitäväksi. Jos vertailujaksoa ei olisi ollut, niin johtopäätökset hiekoitusmenetelmien tehoista olisivat olleet hyvin erilaisia.

Ohessa kuvasarja auringon vaikutuksesta polannepintaiseen tiehen helmi-
kuun loppupuolen säteilymäärillä. (Huom. Valokuvat eivät ole täysin sa-
masta paikasta, mutta kuvaavat kuitenkin ilmiön voimakkuutta).



Mikäli tien on aurattu oi-
keaoppisesti mahdollii-
simman puhtaaksi riittää
yhden päivän aurinkoinen
sää sulattamaan polan-
teen.

Iltapäivällä tie on aluksi
lievästi sohjoinen, mutta
iltaan mennessä sohjo
muuttuu vedeksi ja loppu-
tuloksena on paljas kuiva
tie.



Kuva 12.

Auringon vaikutuksesta ohut polannepinta sulaa yhden päivän
aikana. Nopea muutos on mahdollista vain jos auraus on tehty
mahdollisimman tehokkaasti ja tarvittaessa käytetty alusterää.
Kehittynyt lumenpoisto vähentää tätä kautta hiekoitustarvetta.

3.10 Talven 2002-2003 sääolosuhteet

Jakso	Talvi 2001-2002		Talvi 2002-2003		Pitkäaikainen ka	
	Lämpö	Lumi vesi [mm]	Lämpö	Lumi vesi [mm]	Lämpö	Lumi vesi [mm]
Lokakuu	5,1	10,6	-1,0	9,1	3,3	8,9
Marraskuu	-3,2	26,3	-6,6	54,9	-2,3	30,4
Joulukuu	-11,4	31,1	-12,6	20,5	-6,8	40,0
Tammikuu	-7,8	66,2	-14,9	46,9	-9,1	38,5
Helmikuu	-3,5	44,7	-7,4	18,2	-9,2	27,8
Maaliskuu	-2,4	32,5	-1,7	10,1	-4,0	26,6
Huhtikuu	3,6	8,3	0,8	6,8	1,4	15,0
Sydäntalvi	-7,7	141,9	-11,8	85,4	-8,4	106,1
Koko kausi	-2,8	219,5	-6,2	166,2	-3,8	186,7

Taulukko 3.10 Talvien 01/02 ja 02/03 kuukausitason keskilämpötilat ja lumensadannot verrattuna 30 vuoden keskiarvoon Suonenjoella. Tiedot ovat peräisin Ilmatieteen laitoksen tilastolliseen malliin perustuvasta aineistosta. Tiesääaseman antamat tiedot poikkeavat aina jonkin verran näistä tiedoista.

Talvi 02/03 oli selvästi kylmempi kuin edellinen talvi. Verrattuna pitkäaikaiseen keskiarvoon se oli myös selvästi kylmempi. Erityisen kylmää oli joulukuussa ja tammikuun alussa. Lumisateita oli tammikuun lopussa tiheästi, mutta helmikuussa vähän. Sellaista lämpöaaltoa, joka olisi sulattanut polanteet ei ollut yhtäkään jouluihelmikuussa.

Hiekoitusta normaalisti vaativat polannepinnat pysyivät hyvin pitävinä koko sydäntalven aikana. Hiekoituksen määrä oli koko talvikautena noin 50 % pienemmät kuin tyypillisinä talvina.

Tiesääliitteessä, liite 4., on 02/03 talvesta tammikuun ja helmikuun ilman, kastepisteen ja tienpinnan lämpötiloista sekä mustalla viivalla [mm] / H ker-
tymänä sademäärä kalenterivuorokausittain.

4 TUTKIMUSTULOKSET

4.1 Kevät 2002

Seuraavassa ei ole tulostettu kaikkia koejaksoilla tehtyjä mittauksia. Useita koejaksoja jouduttiin hylkäämään koska aurinko sulatti pitävän asfaltin niin suurelta osin näkyville, että Skidometerin tulokset eivät ole käyttökelpoisia.

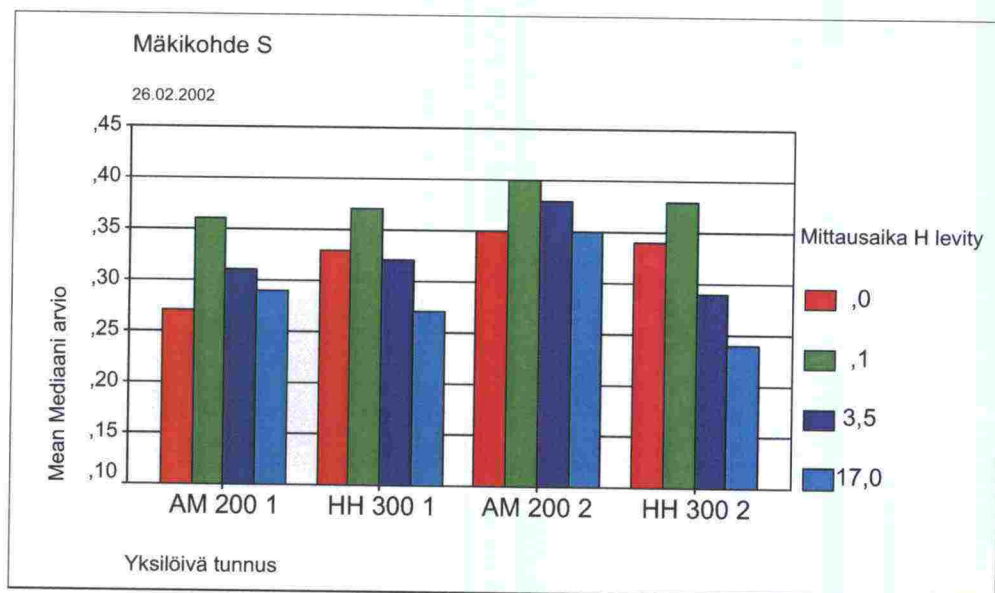
4.1.1 Hiekan annostelu kokeissa

Hiekka-annos kuumavesihiekoituksessa oli 200 ja 300 g/m² ensimmäisillä koejaksoilla talvella 01/02. Koska kuumavesihiekoituksessa ei havaittu olevan juuri mitään eroa isommalla määrällä tehtiin jatkokeen norjalaisten normaalisti käyttämällä määrällä 200 g/m².

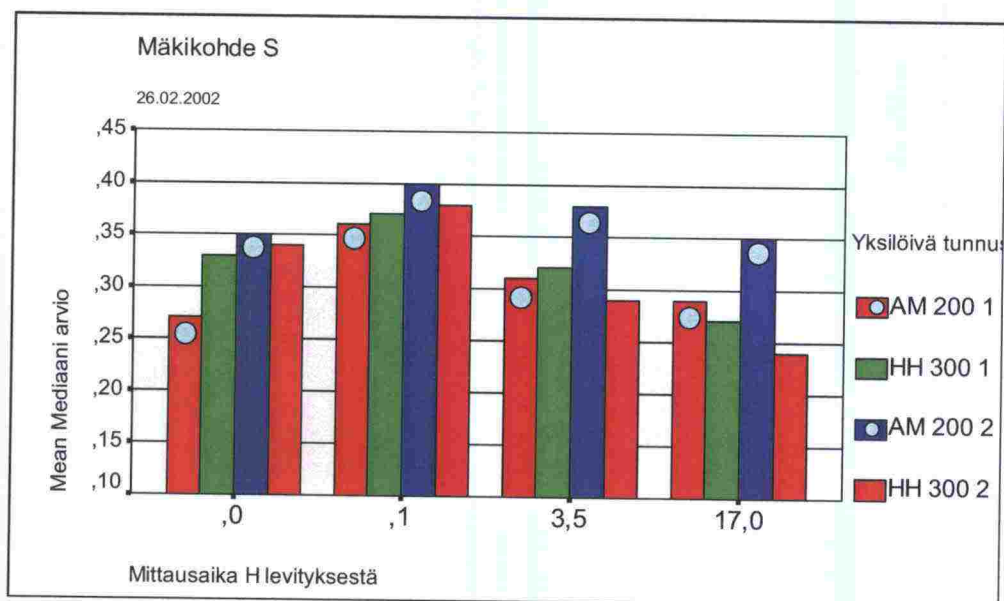
Pienemmästä annoksesta on hyötyä, koska massavirta tarvitsee silloin huomattavasti vähemmän lämmitettävää kuumaa vettä. Toimintasäde hiekoitukselle pitenee, asialla on merkitystä, koska kalliilla laitteella tulisi voida hoitaa alueen kaikki pistehiekoituskohteet.

Vertailuna käytetty suolahiekka tai kuiva hiekka II-luokalla annosteltiin yleisimmin käytetyn 300 g/m mukaan, koska normaalihiekalla suurempi määrä vaikutti positiivisesti useimmissa kokeissa.

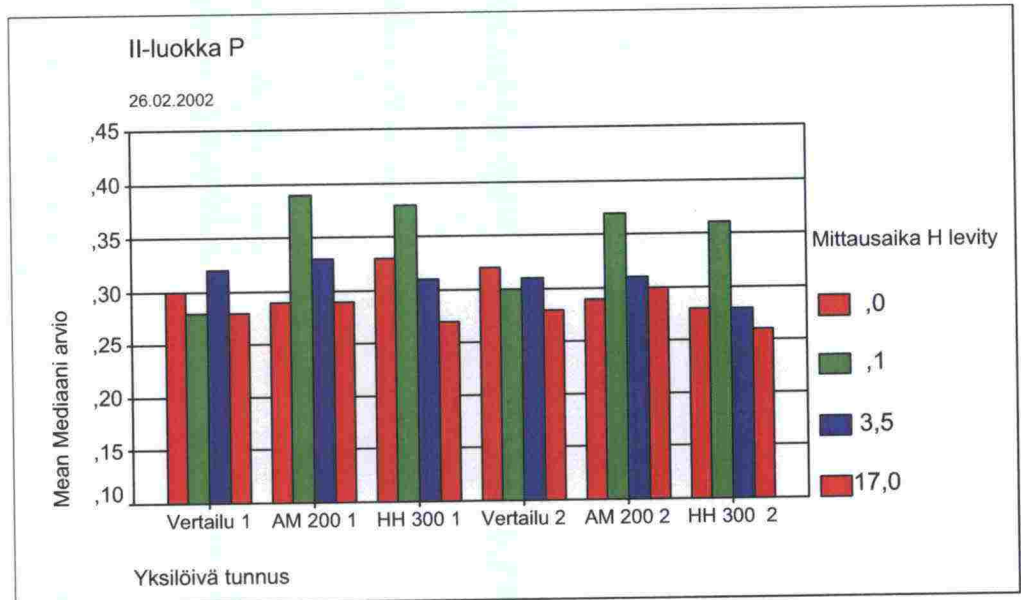
4.2 Hiekoituksen pysyvyyskokeita, esimerkkejä



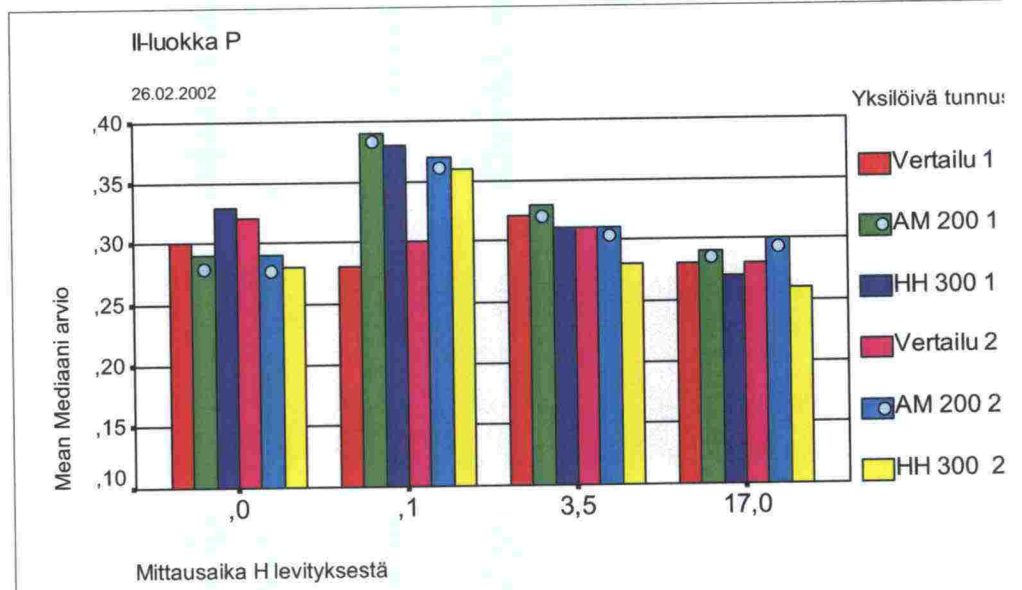
Kuva 13 Koesarja "S". Hiekoituksen vaikutus eri menetelmillä II-luokka mäki-
kohde. Hetki 0 tarkoittaa tilannetta ennen käsittelyä. **AM200 1** =
kuumavesihiekka 200 g/m², suunta 1; **HH300 1** on hiekoitushiekka
ilman suolaa 300 g/m², suunta 1. Viimeinen mittausta 17 H levityksen
jälkeen. Vastaavasti **AM 200 2** = khiekka 200 g/m², suunta 2.



Kuva 14. Koesarja "S". Sama kuva kuin 13 piirrettynä aikaskaalalla. Hetki 0
tarkoittaa tilannetta ennen käsittelyä. AM200 = kuumavesihiekka 200
g/m², HH 0-6 on hiekoitushiekka ilman suolaa 300 g/m². Viimeinen
mittaus 22 H levityksen jälkeen. Huomaa lähtökitkan liian suuri erilai-
suus eri koejaksoilla.

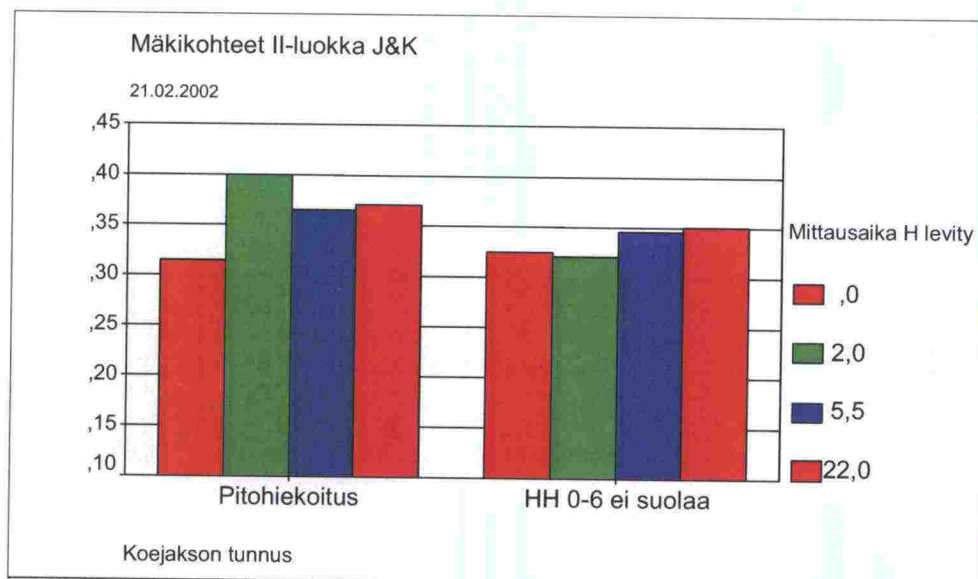


Kuva 15 Koesarja "P". Hiekoituksen vaikutus II-luokka. 17 H jälkeen kaikki jaksot olivat joko lähtötasossa tai kitkaltaan huonompia. Kuuma-vesihiekalla suhteellinen parannus kitkaan on suunnassa 1 hyvä.



Kuva 16 Koesarja "P". Hiekoituksen vaikutus II-luokka. 17 H jälkeen kaikki jaksot olivat joko lähtötasossa tai kitkaltaan huonompia. Kuuma-vesihiekalla suhteellinen parannus kitkaan on suunnassa 1 hyvä.

Kuvapari 15 ja 16 ovat II-luokan tiestä, koesarja "P". Tässä kokeessa khiekan ja kuivan hiekan alkuvaikutus kitkanlisäämisessä oli lähes sama. Myöskään pitkäaikaisessa ei ole merkittävää eroa. Mittauksia ei enää jatkettu 17 H jälkeen, koska kitkat olivat molemmilla hiekoilla palautuneet vertailujaksojen (vertailu1 ja vertailu 2) tasolle.

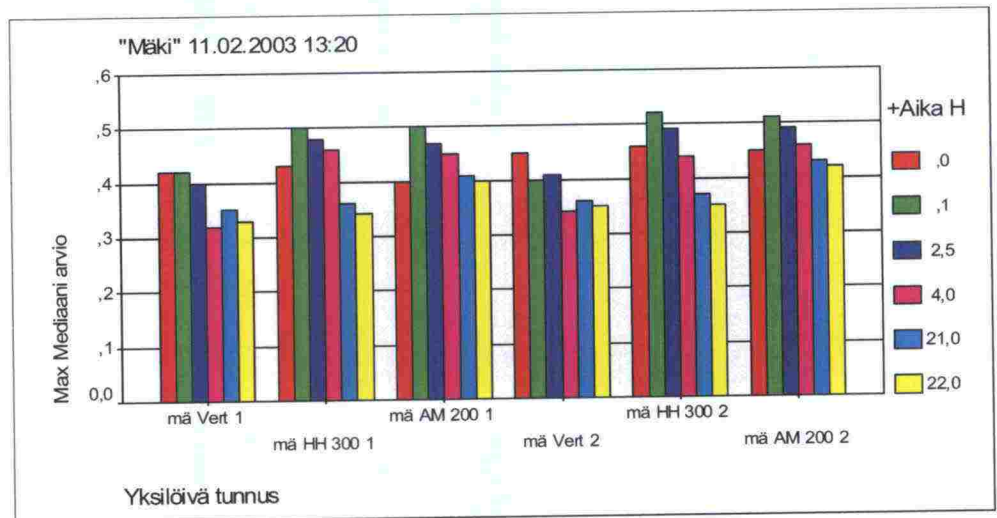


Kuva 17 Hiekoituksen vaikutus eri menetelmillä II-luokka. Kokeessa ei ollut kokonaan käsittelemätöntä vertailujaksoa. Säämuutoksen takia kitkataso pysyi hyvänä ja jopa nousi myös tavallisella hiekalla.

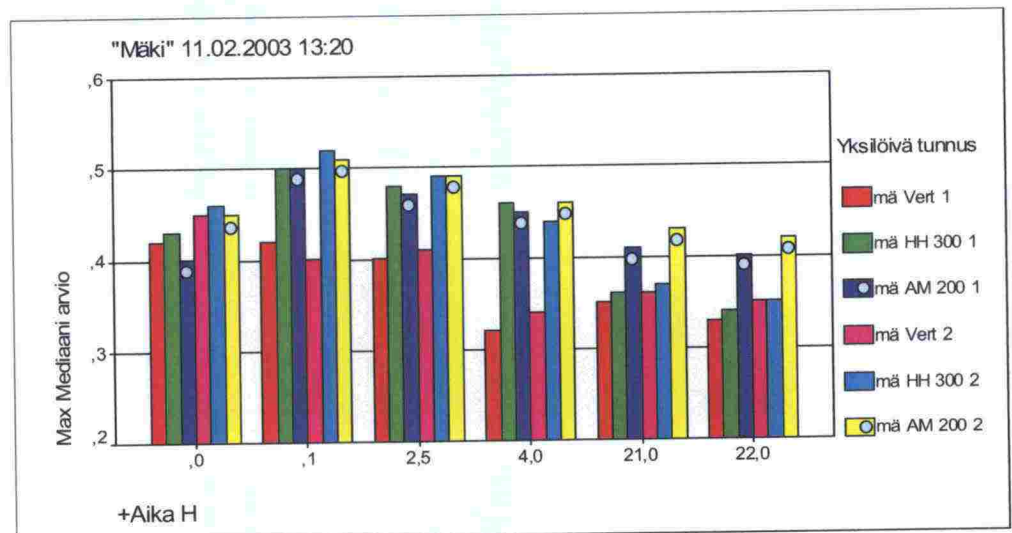
Kevään 2002 kaikkia koesarjoja ei kuvata tarkemmin tässä, numerotiedot sellaisista koesarjoista, joista oli tarkoituksenmukaista tehdä kittamittaukset ovat liitteessä 2.

4.3 Talvi 2002-2003

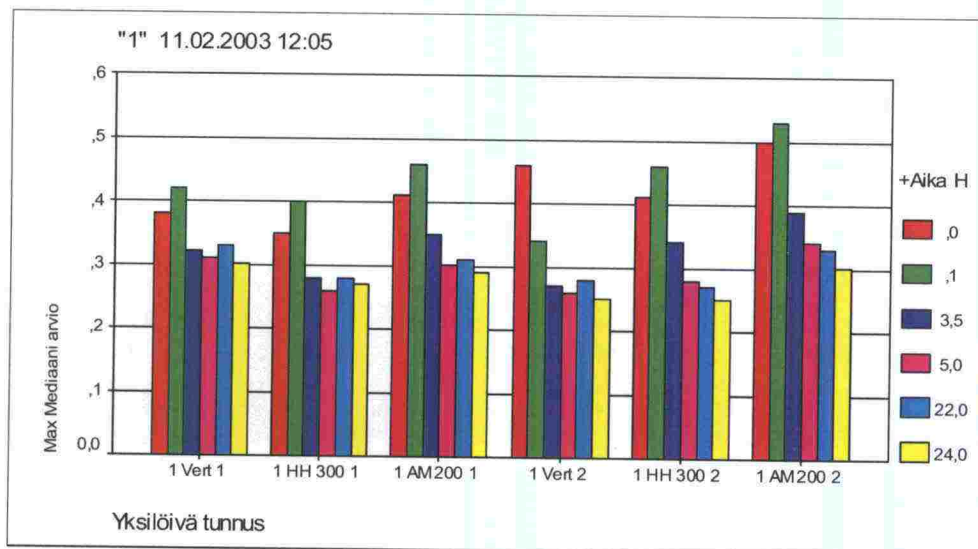
Talven 2002-2003 aikana tehdyistä kokeista on tähän otettu esimerkkejä erityyppisistä tilanteista. Tässä on mukana vain kevään koesarjoja, joissa laitteet toimivat riittävällä varmuudella. Talven luonteen takia tiepinnat olivat tasaisella polanteella eivätkä ajourat häirinneet mittauksia.



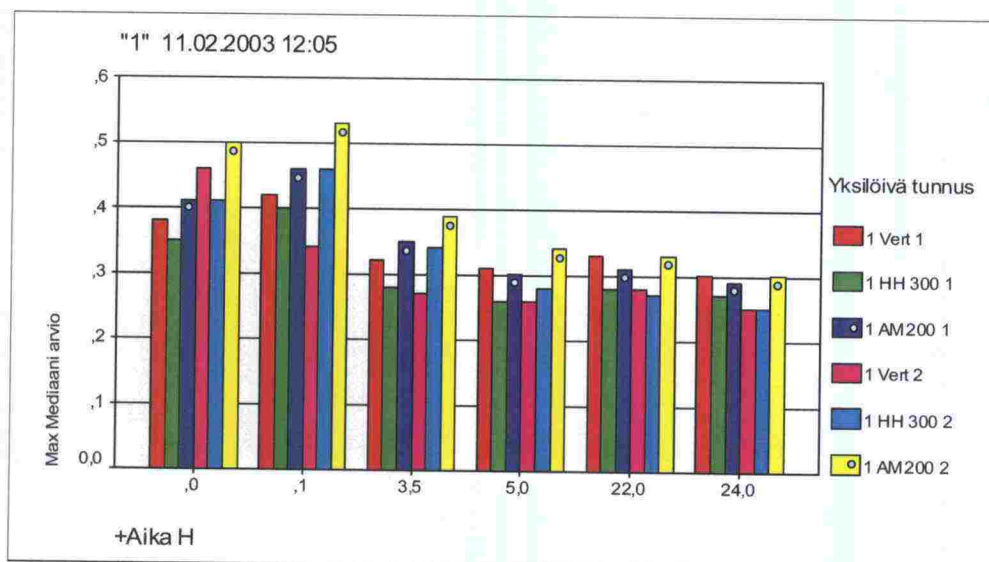
Kuva 18 Mäkikohde, suunta 1 on ylämäkisuunta. Molempien suuntien käsittelemättömät vertailujaksot ovat liukastuneet jonkin verran kokeen aikana. Lopputilanteessakin kitka on kuitenkin hyvä kaikissa jaksossa.



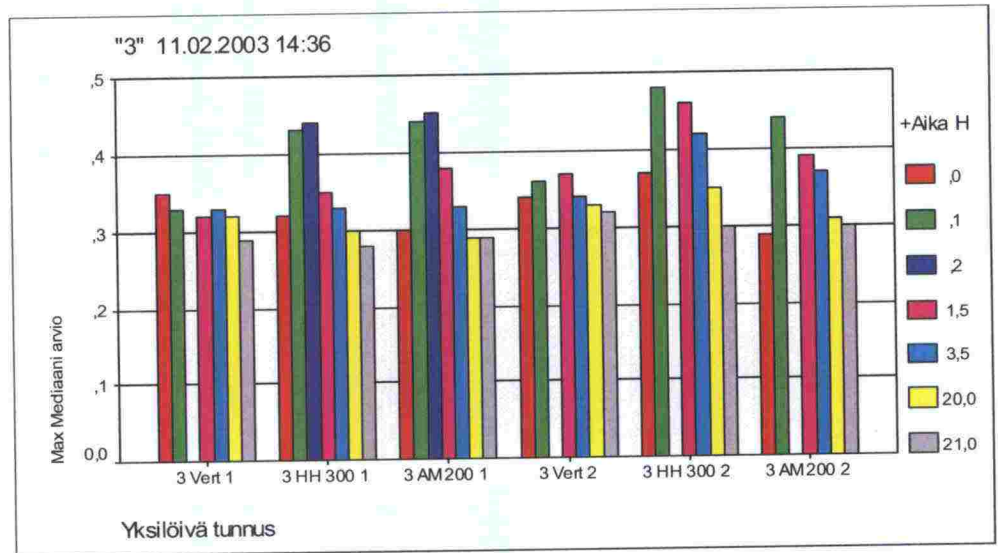
Kuva 19 Mäkikohde aikaryhmiteltynä. Tässä kokeessa khiekan pysyvyys on hyvä. Vielä 4 H kohdalla menetelmät ovat tasoissa, mutta 22 H kohdalla vain khiekan vaikutus on havaittavissa. Huom. tämä kuva on eri skaalassa kuin kuva 18.



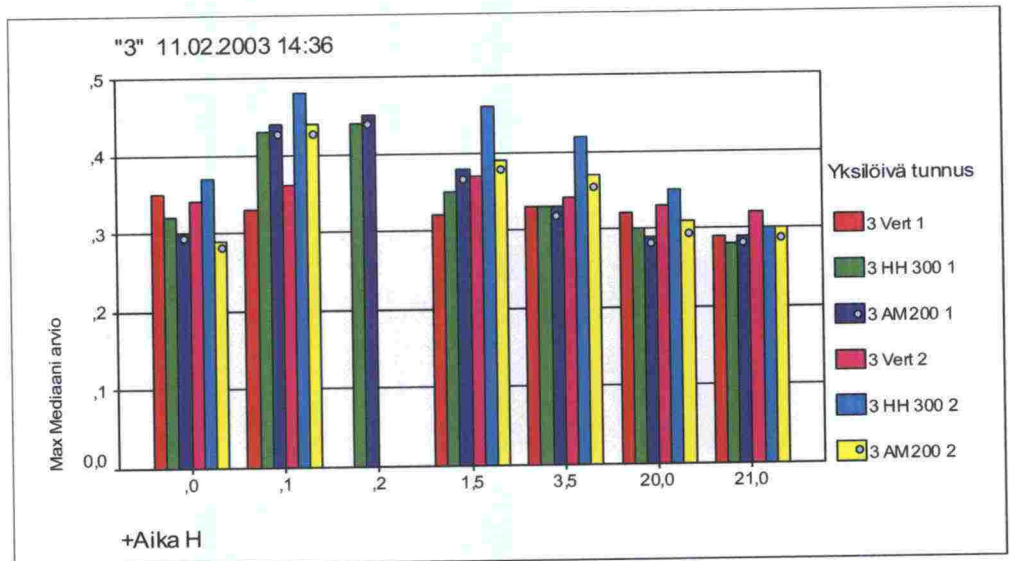
Kuva 20. Talvelle 02-03 tyypillinen koetilanne "1", jossa oli pieni pakkanen, ja pitävä polannepinta kokeen alussa. Iltaa kohden tie liukastui, yöllä ja seuraavana päivänä tilanne vakiintui. Kokeen tulkintaa häiritsee se, että khiekalle osui todella pitävä kohta, kitka ennen koetta 0,41 ja 0,50.



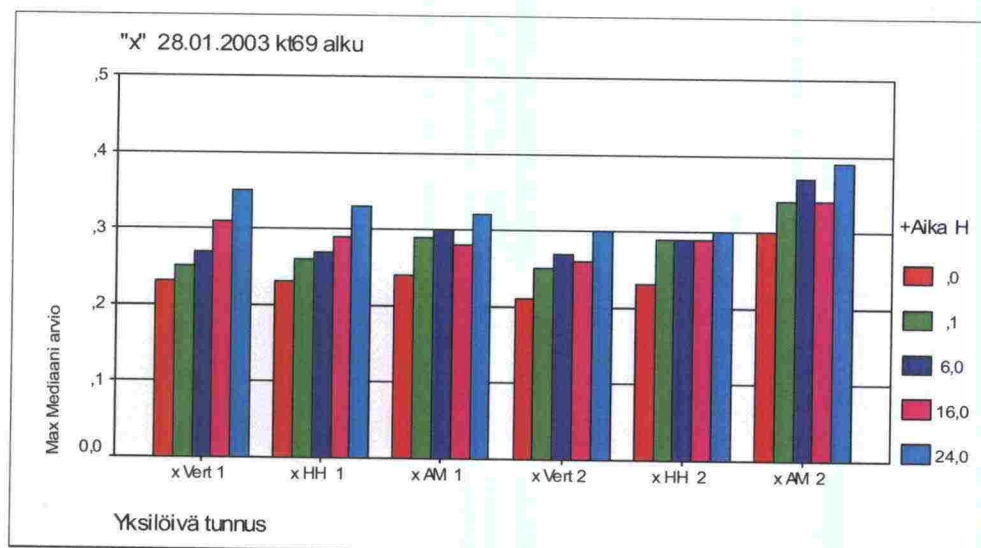
Kuva 21. Ajan mukaan piirretyssä kokeessa "1" näkyy 5 H kohdalla, että tavallisen hiekan vaikutus on loppunut. Khiekan arvot ovat 3,5 H kohdalla selvästi parempia kuin tavallisen. Vuorokauden jälkeen ei ole enää minkään käsittelyn vaikutusta havaittavissa kun otetaan huomioon, että khiekan suunnan 2 alkukitka oli peräti 0,50 ennen käsittelyä.



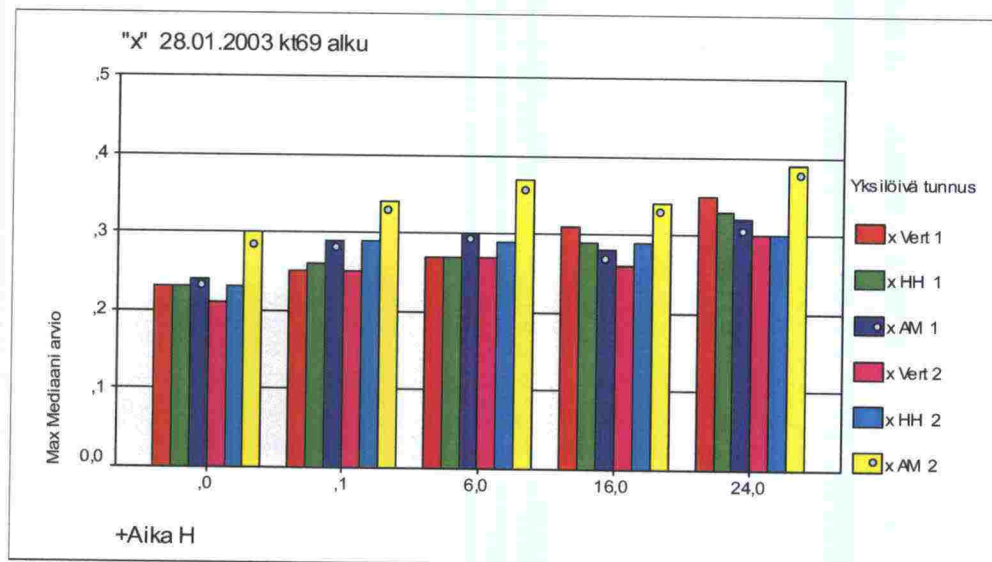
Kuva 22. Koesarja "3" tehtiin tilanteessa, jossa pakkasen oli kiristynyt n. - 5 asteeseen ja seuraavan 24 H aikana ilma lauhtui 0°C, mutta tien pinta pysyi useita asteita pakkasella.



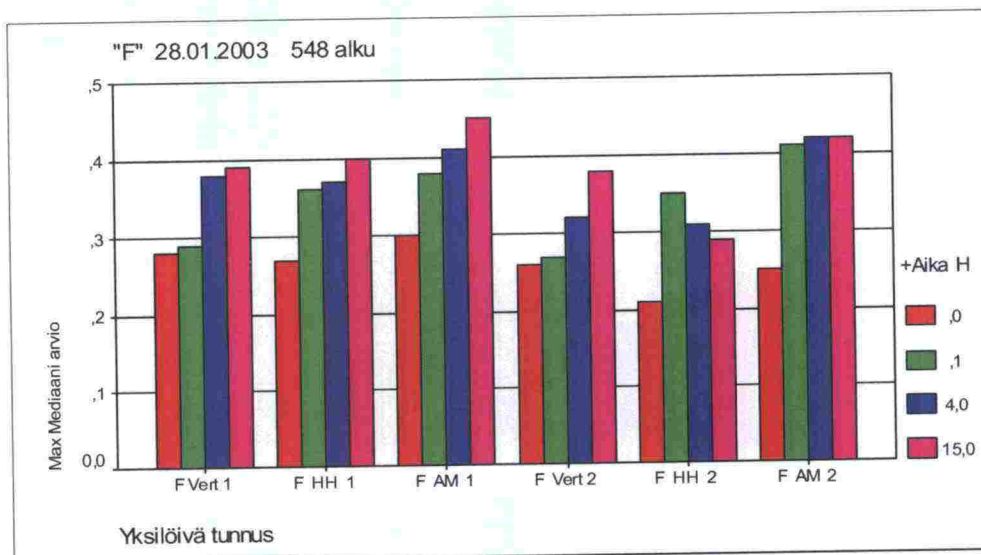
Kuva 23. Koesarja "3" siten ajan mukaan esitettynä. Levityksestä 21 H jälkeen kaikkien hiekkojen vaikutus oli hävinnyt. Levityksen jälkeen on noin 10 raskaan auton jälkeen tehty varmistusmittaus kitkasta koekohteiden suunnassa 1 (aika ,2). Tulos on aivan sama kuin noin 20 min. aikaisemmin.



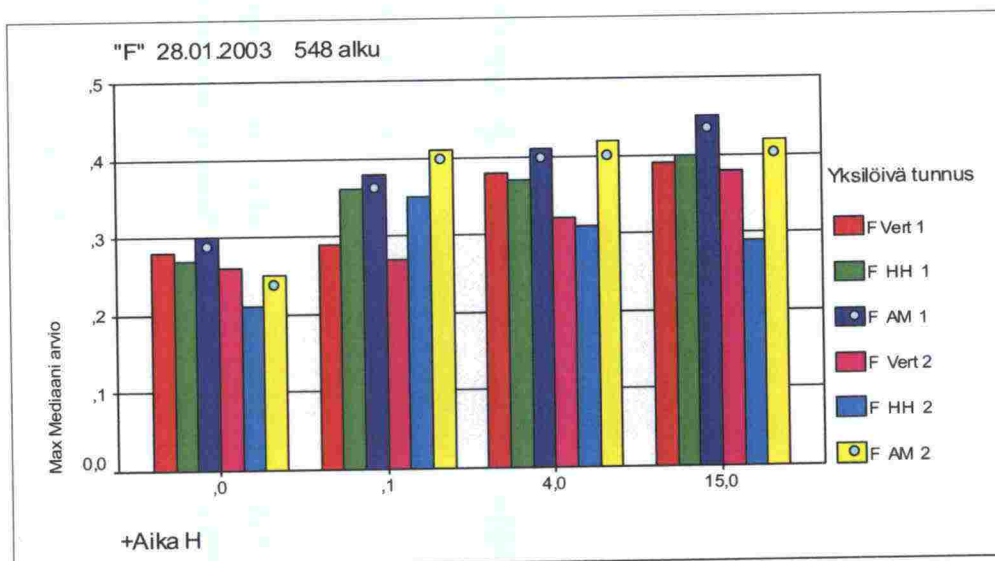
Kuva 24 Koesarja "x". Tilanne reilu pakkaneen yli 20 astetta ja sen jälkeen lievä lauhtuminen ja kosteuden lisääntyminen. Kitka ilmeisesti lisääntyi itsestään kuurakiteiden takia tasolta 0,22 jopa 0,35 ilman toimenpiteitä



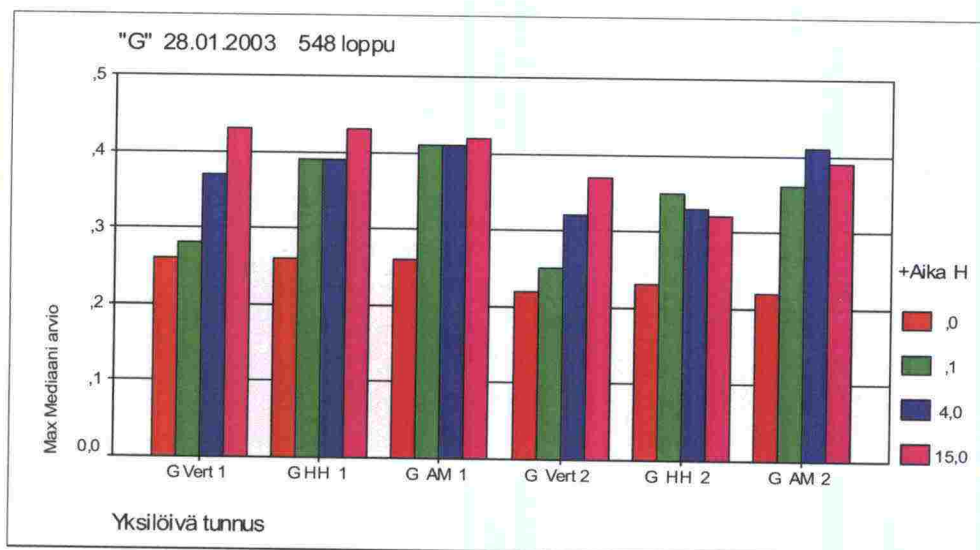
Kuva 25 Koesarja "x". Käsittelyn vaikutusta vaikea tulkita, koska paljaankin polannepinnan liukkaus muuttui 0,1:n verran kuuran vaikutuksesta lumipolanteella.



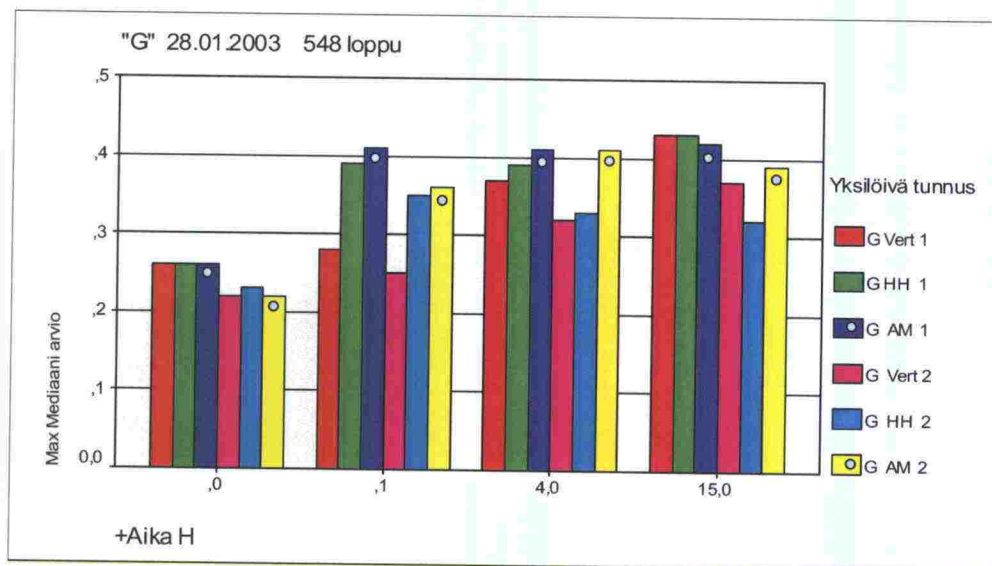
Kuva 26 Koesarja "F". Hyvin samanlainen tilanne kuin edellä sarjassa x.



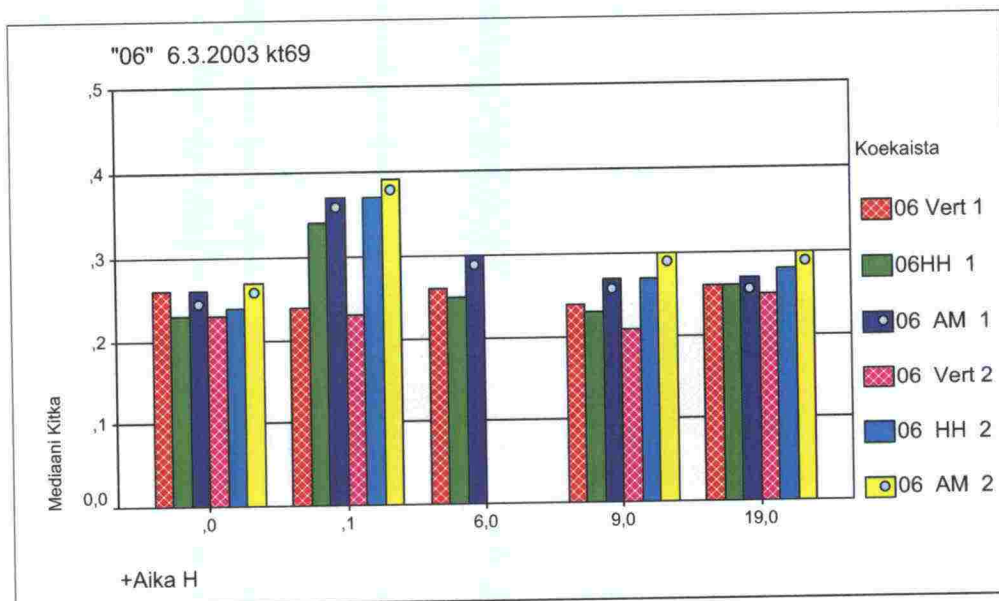
Kuva 27 Koesarja "F".



Kuva 28. Koesarja "G". Kitkan lisääntyminen polanteeseen tiivistyvän kuuran vaikutuksesta erittäin selvästi nähtävissä molemmissa vertailujaksoissa. Khiekan vaikutus on parhaiten näkyvissä suunnassa 2.

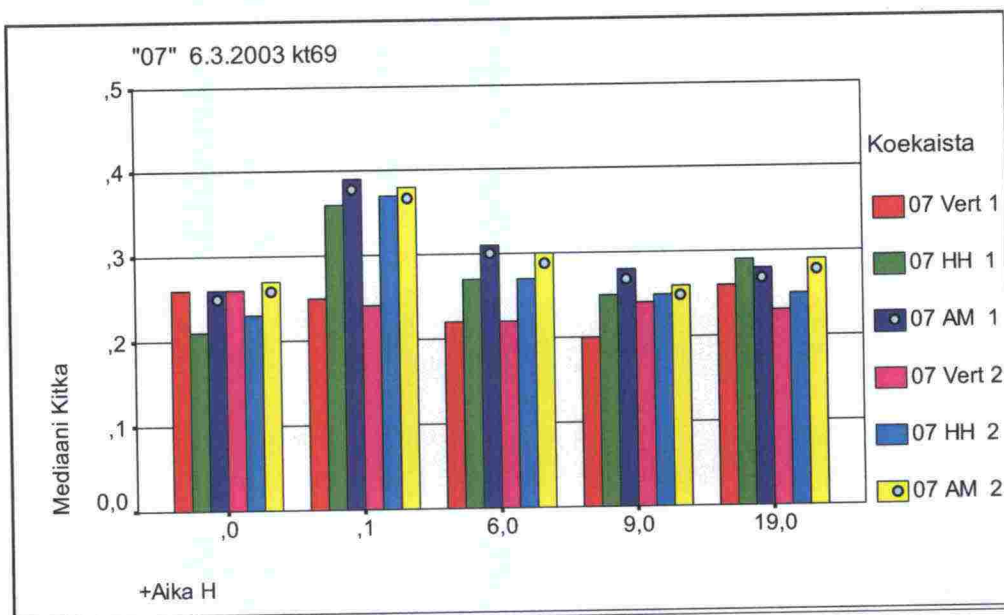


Kuva 29 Koesarja "G". Kuivan hiekan toiminta suunnassa 2 on syytä tai toisesta loppunut 4 H kohdalla. Koska tässä on kyseessä hiekoituksen ja kuuran yhteisvaikutus, niin esim. polanteen pintakarkeusero on voinut olla merkittävä tekijä.



Kuva 30

Koesarja "06" joka on tehty jo hieman uraiselle polannetielle, lämpötila lähellä nollaa. Hiekan vaikutus on selkeä. Seuraavana päivänä aurinko alkoi vaikuttaa pintaan, joten mittauksia ei voitu jatkaa 19 H jälkeen. Mittauksessa 9 H jälkeen pieni ero khiekan hyväksi, ei eroja 19 H kohdalla.



Kuva 31.

Koesarja "07" tämä jakso on samalla tiellä kuin "06" olosuhteet suunnilleen samat, ehkä hieman epähomogeenisempi polannepinta kuin edellä. Tässä sarjassa 6 H kohdalla on pieni ero khiekan hyväksi, mutta 9 ja 19 H kohdalla ei isompia eroja. Suunnan 1 vertailujakson kitkan nousu johtuu polanteen alkavasta pehmenemisestä.

5 KOKEMUKSIA LAITTEESTA JA MUUTOKSET

5.1 Työn aikana havaittua

Levityskokeiden aikana pidettiin (Ari Strandman) yksinkertaista huomiopäiväkirjaa. Koska testattua laitetta ei enää sellaisenaan valmisteta, on tästä listasta jätetty pois mm. toimintavarmuuteen liittyvät seikat. Seuraavia asioita ilman aika- tai tärkeysjärjestystä tuli esille:

- ♦ Käytetyn hiekan raekoko ei ehkä ollut paras mahdollinen. *Korjattu talvella 2002/2003, nyt kunnossa.*
- ♦ Kalliomurskeen hienoainespitoisuus (kevät 2002) oli niin suuri, että se alkaa jo haitata levittimen sujuvaa toimintaa. Liettyminen ei ole toivottavaa. Liettymisherkkyyteen voitaisiin vaikuttaa myös vedensyöttötavalla.
- ♦ Lumisateessa levittimen perään muodostuu hienoa lunta sisältävä pyörre, jonka takia lunta kerääntyy levittimen syöttöjärjestelmään. Asia voitiin korjata yksinkertaisesti antamalla lautasen pyöriä (ilman syöttöä) koko ajan, jolloin lumi ai kerääntynyt häiritsevästi.
- ♦ Veden määrää tarkkailtiin ja syöttömäärä kalibroitiin uudestaan, vaikutti tarpeelliselta. Seurattava koko ajan ja varmistettava, että määrä on riittävä
- ♦ Kuumen veden syöttö pitää olla samassa kytkimessä hiekankuljettimen kanssa. Molemmat yhtä aikaa päälle ja pois.
- ♦ Veden lämmityksen teho oli 2002/2003 riittävä
- ♦ Silmämääräinen arvio kitkasta on todella vaikeaa. Polannepinnan tai hiekoitetun polannepinnan kitka on ehdottomasti tarpeen mitata.
- ♦ Polannepinnan kitkat olivat vähäisen liikenteen teillä yllättävän hyviä. Talvella 2002/2003 löytyi tilanteita, jossa pakkaskaudella kitka ylitti 0,45.
- ♦ Auringon vaikutus ohueeseen polanteeseen hyvin merkittävä
- ♦ Suolahiekan suolan määrä ei ole vielä kukaan tarkkan harkinnan tulos, koska on tarpeen ja koska ei. Tutkimuskohde?
- ♦ Käytetyn lämmitysöljyn määrä ei vastannut normaalia tilannetta, koska odottelua tuli koekohteissa aika paljon (30 l / 5 tn)
- ♦ Heittolautanen jää (kuten muissakin vastaavissa) peruutettaessa mm liittymissä sen verran piiloon, että vauriot ovat todennäköisiä. Näin kävi yhden kerran
- ♦ Hiekoituslaitteyhdistelmän painopiste on liian takana, ainakin 3-akselisessa autossa
- ♦ Vesiletkuja muutettiin työkonene tarkastuksen yhteydessä, nyt ok

5.2 Toteutuneet muutokset verrattuna testeissä käytettyyn laitteeseen

Laitteen uusi version tulee toimituksiin talveksi 2003/2004. Laite on kehitetty ja parannettu monella eri tavalla. Periaatteessa version III on 80 % täysin uusi konstruktio. Muutokset parantavat erityisesti laitteen toimintavarmuutta.

- Veden lämmityksen ratkaisuja on kehitetty usealla tavalla
- Lämmityspoltin ja polttonestesäiliö on siirretty takaosaan siten, että säiliö on riittävän etäällä polttimesta ja poltinta alempana (turvallisuus)
- polttonestesäiliön koko on suurennettu 100 litraan
- Teho on nostettu 300 kW:iin entisen 200 kW:n asemesta
- Poltin on 2-liekkinen, jolloin toiminta on taloudellisempaa koko tehoalueella
- Toisiopiirissä sivutankkeihin menevä 95 °C vesi kulkee hiekkatilan läpi siinä olevassa 200 l säiliössä, joka samalla keventää koko matkalla syöttömaton päällä olevan hiekan painoa. Säiliötä koskettavan hiekan lämpö kohoaa ja syöttövarmuus paranee. Aiemmassa versiossa höyrykehittimen palokaasut kulkivat hiekkatilassa olevan putken kautta edestä taakse.
- Levittimen tarvitseman hydraulikkaöljyn määrää on vähentynyt 80:stä 60 l/min.
- Uusi tehokas poltin mahdollistaa sen, että sivutankkien lämpötilaksi riittää 50 °C, koska levityslautaselle menevä vesi pystytään aina tulistamaan yli 95 °C.
- Siirtoajossa tankkien lämpötilaa pidetään 50 °C. Tähän tarvitaan alhainen poltinteho ja muutaman litran hydraulinen virtaus.
- Vesitankkien koko on 2,1 + 1,5 M3, yhteensä 3,6 M3. Liuoslevitinkäytössä tankeissa voi olla ei ainetta.
- Liuoslevitinkäytössä liuos syötetään nyt suoraan levityksen kannalta edullisemmin suoraan lautaselle
- varastosäiliöiden lämmityksen ohjaus on termostaattiohjattu, kuljettajan ei tarvitse enää seurata tilannetta
- Vesi / liuospumpun kapasiteetti nostettu 280 l/min, hiekoitusikäytössä saadaan riittävä vesimäärä 6 m levitysleveydellä.
- Painojakautuman etenkin kuorman osittain tyhjentyessä oli epäedullinen, nyt on muutettu konstruktioita
- Hiekan ja veden sekoitustapaa on parannettu. Hihnan päästä lautaselle johtava pudotussuppilo on nyt pyöreä ja vesi tulee siihen keskeisesti. Hienoaines erottuu vähemmän eikä puuroudu tukkivasti kulmiin

Uudella konstruktiolla toivotaan yksikön kokonaiskäyttötuntien lisääntyvän. Monikäyttöisyyteen voidaan päästä mm

- Liuostankkien kapasiteetti riittää 1-2 reitin liukkaudentorjuntaan sellaisilla annoksilla, jotka käyvät mm. mustan jään ja kohtuullisen kuuran torjuntaan.
- Lumisateen alle suolauksessa kapasiteetti on melko riittävä yhdelle reitille
- Liikennemerkkien pesulaite voidaan asentaa siten, että pesuvesi otetaan säiliöistä ja levitintä ei tarvitse vaihtaa pois pesun ajaksi. Jos reitillä on isoja heti aurauksen jälkeen puhdistettavia opastintauluja tms., tulee liisäetuna vaihtoon kuluvan ajan poistuminen.
- Laite tulee soveltumaan myös höyrykehittimeksi rumpujen aukaisuun.

Monikäyttöisyyden lopullista merkitystä ei ole vielä mahdollista arvioida. Urakan omat reuna-ehdot tulevat vaikuttamaan taloudellisuuteen, esim. onko järkevää investoida yhteen tehoyksikköön vai useaan yksikköön, jotka kykenevät tekemään työtä rinnakkain. Laskelmaan vaikuttavat myös urakan laatuvaatimukset ja myös se millaisella työaikaulottumalla kuljettajat pystyvät toimimaan.

6 JOHTOPÄÄTELMÄ JA KEHITETTÄVÄÄ

Plussaa

Menetelmä

Hiekan pysyvyys vähintään sama kuin perinteisellä tavalla, parhaimmillaan moninkertainen. Vähäliikenteisellä tiellä päästään 2-3 vrk todelliseen vaikutukseen.

Kuumavesihiekoitus ei missään kokeessa antanut huonompia tuloksia kuin perinteinen hiekoitus.

Laite

Laite kehittyi koko ajan. Käyttötunnin hintaa on mahdollista laskea jos laite soveltuu muuhunkin käyttöön esim. liuossuolaukseen, rumpujen aukaisuun tai liikennemerkkien pesuun. Monikäyttöisyydellä tosin voi olla vaikutusta laitteen kestoikään tai huoltokuluihin.

Miinusta

Menetelmä

Tavallinen hiekoitushiekka ei toimi menetelmässä. Useiden jakeiden varastointi ja valmistus edellyttää uusia ratkaisuja.

Menetelmä ei anna etuja hiekoitettaessa märkää jäistä pintaa eli tyypillisessä kaljamakeli-linjahiekoitustilanteessa.

Hyvästä pysyvyydestä huolimatta ajourien kohdasta hiekka irtoa melko nopeasti, tästä syystä yli KVL 3000-4000 teillä menetelmä ei kilpaile suolauksen kanssa. Urautuneen polanteen tasaisuuteen ei saada parannusta hiekoitusmenetelmällä.

Hienoainespitoisuuden vaikutusta pintojen pölyävyyteen keväällä ei pystytty arvioimaan; merkitystä vain taajamissa.

Laite

Kuumavesihiekoitus vaatii monimutkaisen mutta toimintavarmen laitteen. Ympäristöystävällinen, mutta teknologiaintensiivinen menetelmä. Käyttötunnin hinta muodostuu korkeaksi.

Kuljettajan ammattitaitovaatimus on korkea, menetelmä edellyttää jatkuvaa tarkkailua ja säätöä.

Muuta

Pakkastilanteissa pistehiekoitusmateriaalina käytetty hienoainespitoinen 0-6 mm nosti kitkaa tehokkaasti ja säilyi vaikuttavana tyypillisesti >300 ajon./kaista verran eli vuorokauden.

Em. tapaisen hiekan käyttö pakkastilanteissa vaikuttaisi edulliselta ratkaisulta. Vesisade-märkä jää tilanteisiin sitä ei ole syytä käyttää.

7 KUUMAVESIHIEKOITUKSEN EDULLISUUS

7.1 Laskennan taustaa

Kuumavesihiekoitus menetelmänä on siksi uusi, että laitteet ovat II-polven prototyyppisiä. Menetelmän sopivuus tuotantokäyttöön on parantunut, mutta tämä on samalla merkinnyt oleellisesti kalliimpia koneratkaisuja kuin I-versioissa. Tämän tapaisten laitteiden kysyntä ei mahdollista todella pitkiä valmistussarjoja.

Alkuvaiheessa valmistajien ilmoittamien hintojen vaihtelu on ymmärrettävä ristikkäisistä tavoitteista:

- käyttäjät on saatava liikkeelle -- laitteen hinnan ei tarvitse vastata kustannuksia
- kehityskustannukset on saatava katettua tilanteessa, jossa sarjat ovat pieniä --- hinta on aluksi korkeampi kuin myöhemmin
- Norjan ja Suomen hintakilpailutilanne on erilainen

Em. syistä johtuen laskelmissa ei ole käytetty suoraan valmistajien myyntihintoja. Karkea arvio mahdollisten tuotantosarjojen hinnoitteluun saa kun sitä verrataan yhdistettyyn liuos- ja kostutetun suolan levittimeen.

- kuumavesihiekoitin on vaativampi kokonaisuus kuin Combi-levitin
- automatiikan määrä ja laatu oltava parempi
- veden lämmitys 1-3 polttimella yhteisteholtaan 300 kW, tähän liittyvä turvateknikka ja automatiikka. Polttoöljyn syöttö ja tankit.
- säiliöiden ja putkien pitää kestää sekä pakkasta että yli 90 asteista vettä
- taloudellinen pitoaika ei voi olla 5-6 vuotta suurempi, koska ylläpitokulujen riski on merkittävä. Jos laite on tehty monikäyttöperiaatteella, on taloudellisen käyttöiän alenemiselle erityinen riski.
- säilytystilan on oltava lämmin, vain lyhytaikainen säilytys ulkona on mahdollista
- laitteesta tulee tyhjää kuormaa, vaikutusta tietyissä tapauksissa esim. auraustyössä

Hiekoitukseen Suomessa käytetään lähes yksinomaan perälautakiinnitteisiä sirottelulaitteita. Niiden ominaisuudet ovat melko vaatimattomia, mutta kuumavesihiekoittimeen verrattuna

- työskentelyleveys on sama eli yleensä levitetään vain oma kaista tai keskelle tietä
- levitysnopeus on sama tai suurempi
- kuormakoko on suurempi, mutta annostelun on oltava myös reilumpi, joten toimintasäde-eroa ei pistehiekoituksessa ole
- huolto- ja korjauskustannukset ovat pienempiä kuin kuumavesihiekoituksessa, mutta hankintahintaan verrattuna korjaukset ovat kalliita
- menetelmään ei tule lämmitysaine-, vesi- ja erityishiekan varastointikustannuksia, Kasko-vakuutus on suorassa suhteessa ostohintaan.

Laitteen hankintakustannusten kuoletuksen lisäksi huolto- ja ylläpitokustannukset ovat merkittäviä. Uusissa combi-tyyppisissä laitteissa nämä ovat 20 % pääomapoiston lisäksi.

Seuraavissa laskelmissa on arvioitu perinteisen hiekoituslaitteen kustannuksiksi huoltoineen talvikaudessa olevan 2200 € ja kuumavesihiekoittimen + lämmityspolttoaineen luokkaa 17.500 €. Kustannusten ero on siten 7-10 kertainen, kun asiaa yksinkertaistetaan.

Kun verrataan kahta kustannusrakenteeltaan hyvin erilaista menetelmää muodostuu ongelmaksi tuottojen eli hyötyjen laskenta. Suurikin kustannus voi olla järkevä, jos vastaavasti tuotot ovat moninkertaisia.

Käytännössä muodostuvia tuottoja on seuraavassa esimerkinomaisesti haarukoitu käyttötapauksilla. Käyttötapaukset ovat sellaisia, että niihin on mahdollista päästä nykyisillä laitteilla ja tienhoitopolitiikalla.

7.2 Käyttötapauksia

7.2.1 Pistehiekoitusintensiivinen taajama-alue

Lähekkäin 2-3 aurasreitintä alueella on niin paljon pistehiekoituskohteita, että niiden ylläpitohiekoitus edellyttää kaksi täyttä kuormaa.

Tällöin voidaan toimia niin, että aurasreitintä vakioauto auraa ja hiekoittaa mahdollisen heti aurauksen jälkeen tarvittavan määrän. Vain yhdellä reitillä on kuumavesihiekoitin, muilla on yksinkertainen perälautalaite.

Tämän jälkeen toistuvat täydennykset tehdään yhdellä autolla koko sille alueelle, johon toimintasäde riittää. Taajamatilanteessa 3 auton reittialue voisi olla mahdollinen hoitaa yhdellä autolla.

Reittien lkm / häiriöväli vrk	tavallinen hiekoituksia kpl	khiekka kpl 48 H	säästyneet kerrat 48 H	khiekka kpl 72 H	säästyneet kerrat 72 H
2 reittiä / 3 vrk	6	3	3	2	4
2 reittiä / 6 vrk	12	6	6	4	8
3 reittiä / 3 vrk	8	4	4	3	5
3 reittiä / 6 vrk	18	9	9	6	12

Taulukko 7.2 Laskentaesimerkki tilanteesta, jossa säähäiriö on 3 tai 6 vrk-välein ja aurauksen jälkeen khiekka-yksikkö hoitaa 2 tai 3 reitin pistehiekoitus-tarpeen. Tavallinen hiekoitus uusitaan aina 24 H välein, khiekka 48 H tai 72 H välein. Välittömästi aurauksen jälkeinen hiekoitus tehdään reitin peruskalustolla.

Taulukon 7.2 mukaisista tilanteista nyt tehtyjen tulosten perusteella 48 H pysyvyys on hyvin mahdollinen, 3 vrk:n eli 72 H pysyvyys toteutuu vain edullisissa olosuhteissa. Laskentaa varten voisi arvioida em. tilanteessa khiekan säästävän 50 % tai 60 % hiekoituskerroista.

Sisämaan taajamien lähetyvillä sellaisia pakkakausia, joissa 3 tai 6 vuorokauden säähäiriötön ajanjakso voi toteutua on luokkaa 10; 6 vuorokauden jaksoja on 0-2.

Em. tavalla haarukoiden voisi silloin 2 reitin tilanteessa säästöä syntyä 40 pistehiekoituskertaa ja 3 reitin tilanteessa 50 kertaa.

Jos oletetaan pistehiekoitus-tyylisten liukkaudentorjuntalenkin kustannukseksi 200 € / kuorma, niin päästään 8.000 € säästöön. Tämä ei vielä riittäisi kattamaan suurempia kustannuksia. Jos kustannus on 300 € oltaisiin silloin \pm 0 tilanteessa.

Suomesta on muutamia taajama-alueita, joissa em. oletuksen mukaisesti noin 30 km säteellä hiekkavarastosta levitetään 250-300 pistehiekoituskuormaa.

7.2.2 Jyrkkä nousu

Yksittäinen iso mäki voi olla liikenteen sujuvuuden kannalta merkittävä kohde. Norjassa on jopa 4 km jaksoja, joissa nousuprosentti ylittää 10 %. Suomessakin on useita yksittäisiä ongelmakohteita. Niissä nousuosuuden pituus harvoin on yli 1,5 km, mahdollisesti mäen toisella puolen on myös jyrkkä 1-2 km osuus. Yksittäisessä kohteessa voisi siten olla 3 km nousevaa kaistaa, alamäkiosuus pitää myös hiekoittaa, mutta siinä hiekan pysyvyys ei ole yhtä kriittinen tekijä.

Reilullakin hiekoitusannoksella em. tyyppiseen mäkeen kuluu enintään 3-4 tn materiaalia / kerta, eli selvästi alle puolet auton kuormasta.

Hiekoitusta voi em. tyyppisissä mäissä olla 2-3 kpl/vrk hyvin ongelmallisina päivinä, mutta tyypillisesti 1-2 päivässä riittää, jos ajoitus liikenteen kannalta on oikea.

Hiekoituskertoja voi yhteensä tulla 50-60 / talvi. Jos ja kun mäki on vilkkaalla tiellä, niin silloin 10-15 suolauksen avulla vältetään pahimmat tilanteet. Mikäli nämä suolaukset halutaan korvata hiekoituksella nousee silloin hiekoitustarve yli 100 kertaan / talvi.

Aurauksen jälkeinen hiekoitus on välttämätöntä tehdä heti samalla yksiköllä kuin lumenpoisto. Vaatimus on riippumaton hiekoitusmenetelmästä. Tämän syyn takia säästömahdollisuus on vasta tätä seuraavien kertojen kohdalla. Lumipyryyn liittyviä aurauksia ja hiekoituksia kertyy 40-50 / talvi, joten toistohiekoitusten määrän pitää olla yli 70 jotta kuumavesihiekoitus olisi kannattavaa.

Hyvin vaativaa mäkikohdetta ei ole mahdollista jättää pysyvässä tilanteessa yli 2 vrk ilman tarkkailua. Tarkastuskäynti on taloudellisinta tehdä esim. hiekoituslaitteella varustetulla kevytkuorma-autolla eikä esim. henkilöautolla, koska muuten joudutaan käymään kohteessa vielä ylimääräinen toimenpidekerta. Siten joskus mahdollista yli 3 vrk pysyvyyttä ei voida hyödyntää riskien takia.

7.2.3 I-luokan tie jossa on erittäin tiukka suolamäärän rajoitus

Ympäristösyistä voisi olla mahdollista tilanne, jossa noin KVL 3000 luokan tiellä, suolaus halutaan rajoittaa tasolle hyvin alas tasolle 1-2 tn/km, mutta kitkavaatimus on sujuvuuden takia sama kuin normaalilla I-luokalla.

Tiejakson pitäisi olla pituudeltaan sellainen, että linjahiekoitustilanteessa 2 kuormaa riittää koko jaksolle, eli noin 30 km. Vielä silloin tp-aika hiekoituksessa on kohtuullinen. Jos jakso on pidempi, tarvitaan hiekoitukseen vastaavasti useampi auto ja silloin lähtöpisteiden optimaalisesta sijoittumisesta muodostuu ongelma.

VE 1) Tiukat kriteerit ja edulliset reuna-ehdot

- vilkas liikenne ja korkea sujuvuusvaatimus (I-luokka)
- erittäin kireä suolakatto 1-2 tn/talvi
- jakso noin 30 km, ei oleellisesti pidempi tai lyhempi
- jakso noin 60 km ja mahdollista käyttää kahta samanaikaista lähtöpistettä toimenpiteissä.
- kustannukset saavat joka tapauksessa nousta, koska kriteerit hyvin tiukkaa

Kuopion suolaamattomuuskokeilun perusteella (talvi 92/93) voi arvioida tarvittavien hiekoituskertojen ylittävän 120 kpl/ talvikausi.

Riippumatta menetelmästä on tien hoito em. vaatimuksilla selvästi kalliimpaa, kuin nykyisillä kriteereillä. Ympäristön ja kustannusten kannalta voisi em. tilanteissa myös arvioida mikä vaikutus voisi olla laatuvaatimuksen tai suolarajoituksen muuttamisella.

VE 2) Huomattava suolansäästö, kohtuullistettu laatuvaatimus

- laatuvaatimus Ib-mukainen
- suolaa voisi käyttää 4-5 tn/km
- jakso pituus ei kriittinen
- kustannukset kohtuulliset

Tiukimmassa vaihtoehdossa VE 1) kuumavesihiekoituksen avulla voidaan melko varmasti säästää 50 % kerroista, kohtuullisen varmasti 60 %. Kun lähtökohtana on 120 kertaa päädytään 60-70 kerran säästöihin. Silloin kuumavesihiekoitus on taloudellisesti mahdollinen valinta, joskin kokonaiskustannukset VE 2-strategiaan verrattuna ovat huomattavasti isommat, luokkaa 600 – 700 €/tie km.

8 LIITTEET

Liite 1. Levitystietojen ja pysyvyysarvion lomakemallit

Liite 2. Koekohteiden tulokset numeroina

Liite 3. Esimerkkejä seurannan apuna käytetyistä kelikamerakuvista

Liite 4. Tiesäätiedot Suonenjoki ja Salo/Tupuri

LEVITYSTIETOJEN JA PYSYVYYSARVION LOMAKE- MALLIT

Koekohteen sijainti				
Päivä ja aika	min. tarkkuus			
Kuljettajat ja Kirjausten tekijät				

Kirjoita koelohkon tunnus ja pituus, jos ei kaikilla sama. Jos levitys keskelle tietä, piirrä levitysa auton sijainti ja levityskuvio. Mahdolliset aikaisemmat levitykset huomioon. **Piirrä tierekisterisuunta**

TIETO	Selitystä
Auraus	ajankohta jos alle 2 vrk
Tasaus	ajankohta jos tehty, tapa
Polanteen kovuus	0-3; 0=paljas 1= pehmeä lumi, 2=kova lumi, 3=jääpol.
Paljaiden urien leveys	Erikseen vasen & oikea suunta, jos tarpeen
tierek.suunta=1	[cm]
suunta=2	
Ilman lämpötila	Levityshetkellä
Tien pinnan lämpötila	
Auringon säteily	0= ei, 1=hajasäteily tai varjo, 2=suora paiste
Sadetilanne	tyyppi ja voimakkuus levityshetkellä

Lohkon tunnus	Siroteltu materiaali, määrä, leveys, nopeus

Koekohteen sijainti	
Havainnoitsija	

Kirjoita koelohkon tunnus **Piirrä tierekisterisuunta**

Hiekan pysyvyysarvio, silmämääräinen tarkastelu

Koelohko	Aika & Ilman lämpö	Aika & Ilman lämpö	Aika & Ilman lämpö	Aika & Ilman lämpö	Aika & Ilman lämpö

- 0 = ei havaittavasti hiekkaa "valkoisten viivojen" välissä
1 = tien keskellä jonkin verran hiekkaa, ei muualla
2 = ajourissa tai ajourien välissä jonkin verran hiekkaa
3 = ajourissa tai niiden välissä runsaasti hiekkaa
- (=voi olla vaikutusta kitkaan)
(= varmasti vaikutusta kitkaan)

Muita huomioita

Onko havaintoaikojen välillä ollut sadetta, toimenpiteitä. Eri-tyisiä havaintoja liikenteestä . Auringon vaikutus

Koekohteen pysyvyysarviolomake

KOEKOHTEIDEN TULOKSET NUMEROINA

Taulukoon koottu Skiddometerillä mitatuista koejaksoista suurin osa. Taulukossa on 457 havaintoa. Näiden lisäksi tehtiin noin 150 mittausta, joissa koesarja jouduttiin keskeyttämään lumipyryn, auringonpaisteen tai teknisen syyn takia.

ID	Koekohteen, kaistan ja menetelmän yksilöivä tunniste
KOE_ID	Kokonaisuus, jossa on peräkkäin yleensä 3 jaksoa per suunta
Suunta	1= tierekisterin mukainen oikea puoli 2=vastakkainen suunta
Aika	Kokeen pvm levityshetken perusteella
Skitka	Jakso Skiddometer tulos ilman korjausta
Smedian	Mittauksesta arvioitu ns. vallitseva kitka. Yleensä sama kuin Skitka
Mittaus H	Kitkamittauksen ajankohta tunteina verrattuna levitykseen. 0 = ennen levitystä, 0,1= juuri levityksen jälkeen.
Seli	Mahdollisia selityksiä
KLO	Kitkamittauksen kelloaika

ID	KOE_ID	SUUNTA	AIKA	SKITKA	SMEDIAN	Mittaus H	SELI	KLO
A.1.1	A	1	22.2.2002	0,43	0,00	17,0	Seur. aamu, poist.	10:20
A.1.2	A	1	22.2.2002	0,28	0,28	17,0		10:20
A.1.3	A	1	22.2.2002	0,56	0,00	17,0		10:20
A.1.4	A	1	22.2.2002	0,55	0,00	17,0		10:20
A.2.1	A	2	21.2.2002	0,40	0,00	0,1	Heti	13:09
A.2.1	A	2	21.2.2002	0,51	0,00	0,1	Heti	13:01
A.2.2	A	2	21.2.2002	0,40	0,00	0,1	Heti	13:09
A.2.2	A	2	21.2.2002	0,32	0,32	0,1	Heti	13:01
A.2.3	A	2	21.2.2002	0,39	0,00	0,1	Heti	13:09
A.2.3	A	2	21.2.2002	0,57	0,00	0,1	Heti	13:01
A.2.4	A	2	21.2.2002	0,26	0,26	0,1	Heti	13:09
A.2.4	A	2	21.2.2002	0,62	0,00	0,1	Heti	13:01
B.1.1	B	1	21.2.2002	0,65	0,00	0,1	Ajoura paljas	17:46
B.1.1	B	1	22.2.2002	0,45	0,00	17,0		10:20
B.1.2	B	1	21.2.2002	0,50	0,50	0,1	Heti	17:46
B.1.2	B	1	22.2.2002	0,29	0,28	17,0		10:20
B.1.3	B	1	21.2.2002	0,41	0,40	0,1	Heti	17:46
B.1.3	B	1	22.2.2002	0,28	0,28	17,0		10:20
B.1.4	B	1	21.2.2002	0,65	0,00	0,1	Ajoura paljas	17:46
B.1.4	B	1	22.2.2002	0,57	0,00	17,0		10:20
B.2.1	B	2	22.2.2002	0,44	0,43	17,0		10:30
B.2.1	B	2	21.2.2002	0,52	0,00	0,1	Ajoura paljas	17:50
B.2.2	B	2	22.2.2002	0,40	0,00	17,0		10:30
B.2.2	B	2	21.2.2002	0,51	0,51	0,1	Ajoura paljas	17:50
B.2.3	B	2	22.2.2002	0,36	0,35	17,0		10:30
B.2.3	B	2	21.2.2002	0,46	0,46	0,1	Ajoura paljas	17:50
B.2.4	B	2	22.2.2002	0,34	0,34	17,0		10:30
B.2.4	B	2	21.2.2002	0,58	0,00	0,1	Ajoura paljas	17:50
C.1.1	C	1	21.2.2002	0,41	0,42	0,1	Heti	19:16
C.1.1	C	1	22.2.2002	0,32	0,32	17,0		10:20
C.1.2	C	1	21.2.2002	0,36	0,35	0,1	Heti	19:16
C.1.2	C	1	22.2.2002	0,36	0,00	17,0		10:20

ID	KOE ID	SUUN- TA	AIKA	SKITKA	SMEDIAN	Mittaus H	SELI	KLO
C.1.3	C	1	21.2.2002	0,36	0,34	0,1	Heti	19:16
C.1.3	C	1	22.2.2002	0,58	0,00	17,0		10:20
C.1.4	C	1	21.2.2002	0,39	0,40	0,1	Heti	19:16
C.1.4	C	1	22.2.2002	0,30	0,30	17,0		10:20
C.2.1	C	2	21.2.2002	0,43	0,42	0,1	Heti	19:21
C.2.1	C	2	22.2.2002	0,36	0,36	17,0		10:30
C.2.2	C	2	21.2.2002	0,35	0,33	0,1	Heti	19:21
C.2.2	C	2	22.2.2002	0,34	0,34	17,0		10:30
C.2.3	C	2	21.2.2002	0,48	0,00	0,1	Heti	19:21
C.2.3	C	2	22.2.2002	0,44	0,00	17,0		10:30
C.2.4	C	2	21.2.2002	0,28	0,26	0,1	Heti	19:21
C.2.4	C	2	22.2.2002	0,23	0,23	17,0		10:30
E.1.1	E	1	21.2.2002	0,34	0,34	0,0	Ennen levi- tystä	13:55
E.1.1	E	1	21.2.2002	0,34	0,35	0,1	Heti	14:39
E.1.1	E	1	21.2.2002	0,41	0,41	3,5		18:22
E.1.1	E	1	22.2.2002	0,39	0,39	15,0		9:29
E.1.2	E	1	21.2.2002	0,30	0,31	0,0	Ennen levi- tystä	13:55
E.1.2	E	1	21.2.2002	0,33	0,33	0,1	Heti	14:39
E.1.2	E	1	21.2.2002	0,39	0,40	3,5		18:22
E.1.2	E	1	22.2.2002	0,37	0,37	15,0		9:29
E.1.3	E	1	21.2.2002	0,28	0,26	0,0	Ennen levi- tystä ?	13:55
E.1.3	E	1	21.2.2002	0,35	0,33	0,1	Heti	14:39
E.1.3	E	1	21.2.2002	0,37	0,35	3,5		18:22
E.1.3	E	1	22.2.2002	0,36	0,36	15,0		9:29
E.1.4	E	1	21.2.2002	0,21	0,20	0,0	Ennen levi- tystä ?	13:55
E.1.4	E	1	21.2.2002	0,21	0,20	0,1	Heti	14:39
E.1.4	E	1	21.2.2002	0,25	0,24	3,5		18:22
E.1.4	E	1	22.2.2002	0,39	0,39	15,0		9:29
E.2.1	E	2	21.2.2002	0,28	0,28	0,0		14:20
E.2.1	E	2	21.2.2002	0,31	0,31	0,1	Heti	14:43
E.2.1	E	2	21.2.2002	0,39	0,39	3,5		18:18
E.2.1	E	2	22.2.2002	0,40	0,40	15,0		9:29
E.2.2	E	2	21.2.2002	0,32	0,26	0,0		14:20
E.2.2	E	2	21.2.2002	0,29	0,29	0,1	Heti	14:43
E.2.2	E	2	21.2.2002	0,37	0,37	3,5		18:18
E.2.2	E	2	22.2.2002	0,38	0,37	15,0		9:29
E.2.3	E	2	21.2.2002	0,20	0,19	0,0		14:20
E.2.3	E	2	21.2.2002	0,26	0,25	0,1	Heti	14:43
E.2.3	E	2	21.2.2002	0,35	0,35	3,5		18:18
E.2.3	E	2	22.2.2002	0,36	0,36	15,0		9:29
E.2.4	E	2	21.2.2002	0,20	0,18	0,0	Ennen levi- tystä ?	14:20
E.2.4	E	2	21.2.2002	0,20	0,18	0,1	Heti	14:43
E.2.4	E	2	21.2.2002	0,24	0,23	3,5		18:18
E.2.4	E	2	22.2.2002	0,36	0,34	15,0		9:29
J.1.1	J	1	21.2.2002	0,31	0,31	0,0	Mäki	12:32
J.1.1	J	1	21.2.2002	0,40	0,40	2,0	Mäki	15:20
J.1.1	J	1	21.2.2002	0,33	0,33	5,5	Mäki	18:38
J.1.1	J	1	22.2.2002	0,35	0,35	22,0	Mäki	10:00
J.2.1	J	2	21.2.2002	0,32	0,32	0,0	Mäki	12:32
J.2.1	J	2	21.2.2002	0,40	0,40	5,5	Mäki	18:50
J.2.1	J	2	22.2.2002	0,39	0,39	22,0	Mäki	10:15
K.1.1	K	1	21.2.2002	0,33	0,33	0,0		12:20
K.1.1	K	1	21.2.2002	0,31	0,31	2,0		15:12
K.1.1	K	1	21.2.2002	0,35	0,35	5,5		18:43

ID	KOE_ID	SUUN- TA	AIKA	SKITKA	SMEDIAN	Mittaus H	SELI	KLO
K.1.1	K	1	22.2.2002	0,34	0,34	22,0		10:05
K.2.1	K	2	21.2.2002	0,32	0,32	0,0	Lähtö mäki	12:20
K.2.1	K	2	21.2.2002	0,33	0,33	2,0		15:12
K.2.1	K	2	21.2.2002	0,34	0,34	5,5		18:45
K.2.1	K	2	22.2.2002	0,36	0,36	22,0		10:09
P.1.0	P	1	26.2.2002	0,30	0,30	0,0	II-ik	12:55
P.1.0	P	1	26.2.2002	0,28	0,28	0,1		15:29
P.1.0	P	1	26.2.2002	0,32	0,32	3,5		17:47
P.1.0	P	1	27.2.2002	0,28	0,28	17,0		8:15
P.1.1	P	1	26.2.2002	0,29	0,29	0,0		12:55
P.1.1	P	1	26.2.2002	0,39	0,39	0,1		15:29
P.1.1	P	1	26.2.2002	0,33	0,33	3,5		17:47
P.1.1	P	1	27.2.2002	0,29	0,29	17,0		8:15
P.1.2	P	1	26.2.2002	0,33	0,33	0,0		12:55
P.1.2	P	1	26.2.2002	0,38	0,38	0,1		15:29
P.1.2	P	1	26.2.2002	0,31	0,31	3,5		17:47
P.1.2	P	1	27.2.2002	0,27	0,27	17,0		8:15
P.2.0	P	2	26.2.2002	0,38	0,32	0,0		12:55
P.2.0	P	2	26.2.2002	0,30	0,30	0,1		15:32
P.2.0	P	2	26.2.2002	0,33	0,31	3,5		17:59
P.2.0	P	1	27.2.2002	0,33	0,28	17,0		8:15
P.2.1	P	2	26.2.2002	0,30	0,29	0,0		12:55
P.2.1	P	2	26.2.2002	0,36	0,37	0,1		15:32
P.2.1	P	2	26.2.2002	0,31	0,31	3,5		17:59
P.2.1	P	1	27.2.2002	0,30	0,30	17,0		8:15
P.2.2	P	2	26.2.2002	0,28	0,28	0,0		12:55
P.2.2	P	2	26.2.2002	0,49	0,36	0,1		15:32
P.2.2	P	2	26.2.2002	0,28	0,28	3,5		17:59
P.2.2	P	2	27.2.2002	0,26	0,26	17,0		8:15
S.1.1	S	1	26.2.2002	0,27	0,27	0,0		11:26
S.1.1	S	1	26.2.2002	0,36	0,36	0,1		16:10
S.1.1	S	1	26.2.2002	0,31	0,31	3,5		18:25
S.1.1	S	1	27.2.2002	0,29	0,29	17,0		7:40
S.1.2	S	1	26.2.2002	0,33	0,33	0,0		11:26
S.1.2	S	1	26.2.2002	0,37	0,37	0,1		16:10
S.1.2	S	1	26.2.2002	0,32	0,32	3,5		18:25
S.1.2	S	1	27.2.2002	0,27	0,27	17,0		7:40
S.2.1	S	2	26.2.2002	0,35	0,35	0,0		11:26
S.2.1	S	2	26.2.2002	0,40	0,40	0,1		16:10
S.2.1	S	2	26.2.2002	0,38	0,38	3,5		18:28
S.2.1	S	2	27.2.2002	0,35	0,35	17,0		7:44
S.2.2	S	2	26.2.2002	0,34	0,34	0,0		11:26
S.2.2	S	2	26.2.2002	0,38	0,38	0,1		16:10
S.2.2	S	2	26.2.2002	0,29	0,29	3,5		18:28
S.2.2	S	2	27.2.2002	0,24	0,24	17,0		7:44
3.1.0	3	1	11.2.2003	0,35	0,35	0,0		14:15
3.1.1	3	1	11.2.2003	0,33	0,32	0,0		14:15
3.1.2	3	1	11.2.2003	0,31	0,30	0,0		14:15
3.2.0	3	2	11.2.2003	0,34	0,34	0,0		14:25
3.2.1	3	2	11.2.2003	0,37	0,37	0,0	alku ,2 loppu .38	14:25
3.2.2	3	2	11.2.2003	0,30	0,29	0,0		14:25
3.1.0	3	1	11.2.2003	0,33	0,33	0,1		14:36
3.1.1	3	1	11.2.2003	0,43	0,43	0,1		14:36
3.1.2	3	1	11.2.2003	0,44	0,44	0,1		14:36
3.2.2	3	2	11.2.2003	0,44	0,44	0,1		14:36
3.2.1	3	2	11.2.2003	0,48	0,48	0,1		14:36

ID	KOE_ID	SUUN-TA	AIKA	SKITKA	SMEDIAN	Mittaus H	SELI	KLO
3.2.0	3	2	11.2.2003	0,36	0,36	0,1		14:36
3.1.1	3	1	11.2.2003	0,44	0,44	0,2	ylim 5 rekan jälkeen	14:43
3.1.2	3	1	11.2.2003	0,45	0,45	0,2	ylim 5 rekan jälkeen	14:43
3.2.2	3	2	11.2.2003	0,39	0,39	1,5	vino	16:16
3.2.1	3	2	11.2.2003	0,46	0,46	1,5		16:16
3.2.0	3	2	11.2.2003	0,37	0,37	1,5		16:16
3.1.0	3	1	11.2.2003	0,32	0,32	1,5		16:06
3.1.1	3	1	11.2.2003	0,35	0,35	1,5		16:06
3.1.2	3	1	11.2.2003	0,38	0,38	1,5		16:06
3.1.0	3	1	11.2.2003	0,33	0,33	3,5		17:53
3.1.1	3	1	11.2.2003	0,33	0,33	3,5		17:53
3.1.2	3	1	11.2.2003	0,33	0,33	3,5		17:53
3.2.2	3	2	11.2.2003	0,37	0,37	3,5	vino	18:02
3.2.1	3	2	11.2.2003	0,42	0,42	3,5		18:02
3.2.0	3	2	11.2.2003	0,34	0,34	3,5		18:02
3.1.0	3	1	12.2.2003	0,29	0,29	21,0		11:45
3.1.1	3	1	12.2.2003	0,28	0,28	21,0		11:45
3.1.2	3	1	12.2.2003	0,29	0,29	21,0		11:45
3.2.2	3	2	12.2.2003	0,30	0,30	21,0		11:54
3.2.1	3	2	12.2.2003	0,32	0,30	21,0		11:54
3.2.0	3	2	12.2.2003	0,32	0,32	21,0		11:54
3.2.2	3	2	12.2.2003	0,31	0,31	20,0	vino	10:24
3.2.1	3	2	12.2.2003	0,35	0,35	20,0		10:24
3.2.0	3	2	12.2.2003	0,33	0,33	20,0		10:24
3.1.0	3	1	12.2.2003	0,32	0,32	20,0		10:14
3.1.1	3	1	12.2.2003	0,30	0,30	20,0		10:14
3.1.2	3	1	12.2.2003	0,29	0,29	20,0		10:14
1.1.0	1	1	11.2.2003	0,38	0,38	0,0		10:35
1.1.1	1	1	11.2.2003	0,35	0,35	0,0		10:35
1.1.2	1	1	11.2.2003	0,41	0,41	0,0		10:35
1.2.2	1	2	11.2.2003	0,50	0,50	0,0		10:35
1.2.1	1	2	11.2.2003	0,41	0,41	0,0		10:35
1.2.0	1	2	11.2.2003	0,46	0,46	0,0		10:35
1.1.0	1	1	11.2.2003	0,42	0,42	0,1		12:17
1.1.1	1	1	11.2.2003	0,40	0,40	0,1		12:17
1.1.2	1	1	11.2.2003	0,46	0,46	0,1		12:17
1.2.2	1	2	11.2.2003	0,53	0,53	0,1		12:17
1.2.1	1	2	11.2.2003	0,46	0,46	0,1		12:17
1.2.0	1	2	11.2.2003	0,34	0,34	0,1		12:17
1.1.0	1	1	11.2.2003	0,32	0,32	3,5		15:40
1.1.1	1	1	11.2.2003	0,28	0,28	3,5		15:40
1.1.2	1	1	11.2.2003	0,35	0,35	3,5		15:40
1.2.2	1	2	11.2.2003	0,39	0,39	3,5		16:01
1.2.1	1	2	11.2.2003	0,34	0,34	3,5		16:01
1.2.0	1	2	11.2.2003	0,27	0,27	3,5		16:01
1.1.0	1	1	11.2.2003	0,31	0,31	5,0	vino	17:25
1.1.1	1	1	11.2.2003	0,26	0,26	5,0		17:25
1.1.2	1	1	11.2.2003	0,30	0,30	5,0		17:25
1.2.2	1	2	11.2.2003	0,34	0,34	5,0		17:47
1.2.1	1	2	11.2.2003	0,28	0,28	5,0		17:47
1.2.0	1	2	11.2.2003	0,26	0,26	5,0		17:47
1.1.0	1	1	12.2.2003	0,33	0,33	22,0	vino	9:42
1.1.1	1	1	12.2.2003	0,28	0,28	22,0		9:42
1.1.2	1	1	12.2.2003	0,31	0,31	22,0		9:42
1.2.2	1	2	12.2.2003	0,33	0,33	22,0		10:09
1.2.1	1	2	12.2.2003	0,27	0,27	22,0		10:09

ID	KOE ID	SUUN- TA	AIKA	SKITKA	SMEDIAN	Mittaus H	SELI	KLO
1.2.0	1	2	12.2.2003	0,28	0,28	22,0		10:09
1.1.0	1	1	12.2.2003	0,30	0,30	24,0		11:16
1.1.1	1	1	12.2.2003	0,27	0,27	24,0		11:16
1.1.2	1	1	12.2.2003	0,29	0,29	24,0		11:16
1.2.2	1	2	12.2.2003	0,30	0,30	24,0		11:39
1.2.1	1	2	12.2.2003	0,25	0,25	24,0		11:39
1.2.0	1	2	12.2.2003	0,25	0,25	24,0		11:39
x.1.0	x	1	28.1.2003	0,23	0,23	0,0	kt69	13:38
x.1.1	x	1	28.1.2003	0,23	0,23	0,0	kt69	13:38
x.1.2	x	1	28.1.2003	0,24	0,24	0,0	kt69	13:38
z.1.0	z	1	28.1.2003	0,25	0,25	0,0	kt69	13:38
z.1.1	z	1	28.1.2003	0,26	0,26	0,0	kt69	13:38
z.1.2	z	1	28.1.2003	0,25	0,25	0,0	kt69 ***	13:38
z.2.2	z	2	28.1.2003	0,28	0,28	0,0	kt69 4000	13:38
z.2.1	z	2	28.1.2003	0,23	0,23	0,0		13:38
z.2.0	z	2	28.1.2003	0,24	0,24	0,0		13:38
x.2.2	x	2	28.1.2003	0,30	0,30	0,0		13:38
x.2.1	x	2	28.1.2003	0,23	0,23	0,0		13:38
x.2.0	x	2	28.1.2003	0,21	0,21	0,0		13:38
x.1.0	x	1	28.1.2003	0,25	0,25	0,1		17:58
x.1.1	x	1	28.1.2003	0,26	0,26	0,1		17:58
x.1.2	x	1	28.1.2003	0,29	0,29	0,1		17:58
z.1.0	z	1	28.1.2003	0,27	0,27	0,1		17:58
z.1.1	z	1	28.1.2003	0,31	0,31	0,1		17:58
z.1.2	z	1	28.1.2003	0,31	0,31	0,1		17:58
z.2.2	z	2	28.1.2003	0,37	0,37	0,1		17:58
z.2.1	z	2	28.1.2003	0,30	0,30	0,1		17:58
z.2.0	z	2	28.1.2003	0,26	0,26	0,1		17:58
x.2.2	x	2	28.1.2003	0,35	0,34	0,1		17:58
x.2.1	x	2	28.1.2003	0,29	0,29	0,1		17:58
x.2.0	x	2	28.1.2003	0,25	0,25	0,1		17:58
m.1.0	m	1	11.2.2003	0,42	0,42	0,0	mäki	11:29
m.1.1	m	1	11.2.2003	0,44	0,43	0,0		11:29
m.1.2	m	1	11.2.2003	0,40	0,40	0,0		11:29
m.2.2	m	2	11.2.2003	0,45	0,45	0,0		11:29
m.2.1	m	2	11.2.2003	0,45	0,46	0,0		11:29
m.2.0	m	2	11.2.2003	0,45	0,45	0,0		11:29
m.1.0	m	1	11.2.2003	0,41	0,42	0,1		13:22
m.1.1	m	1	11.2.2003	0,50	0,50	0,1		13:22
m.1.2	m	1	11.2.2003	0,50	0,50	0,1		13:22
m.2.2	m	2	11.2.2003	0,51	0,51	0,1		13:22
m.2.1	m	2	11.2.2003	0,52	0,52	0,1		13:22
m.2.0	m	2	11.2.2003	0,40	0,40	0,1		13:22
m.1.0	m	1	11.2.2003	0,40	0,40	2,5		15:49
m.1.1	m	1	11.2.2003	0,48	0,48	2,5		15:49
m.1.2	m	1	11.2.2003	0,47	0,47	2,5		15:49
m.2.2	m	2	11.2.2003	0,49	0,49	2,5		15:49
m.2.1	m	2	11.2.2003	0,49	0,49	2,5		15:49
m.2.0	m	2	11.2.2003	0,41	0,41	2,5		15:49
x.1.0	x	1	28.1.2003	0,27	0,27	6,0	pakkasta lisää	21:08
x.1.1	x	1	28.1.2003	0,27	0,27	6,0		21:08
x.1.2	x	1	28.1.2003	0,30	0,30	6,0		21:08
z.1.0	z	1	28.1.2003	0,28	0,28	6,0		21:08
z.1.1	z	1	28.1.2003	0,32	0,32	6,0		21:08
z.1.2	z	1	28.1.2003	0,32	0,32	6,0		21:08
z.2.2	z	2	28.1.2003	0,38	0,38	6,0		21:08

ID	KOE_ID	SUUNTA	AIKA	SKITKA	SMEDIAN	Mittaus H	SELI	KLO
z.2.1	z	2	28.1.2003	0,33	0,33	6,0		21:08
z.2.0	z	2	28.1.2003	0,27	0,27	6,0		21:08
x.2.2	x	2	28.1.2003	0,37	0,37	6,0		21:08
x.2.1	x	2	28.1.2003	0,29	0,29	6,0		21:08
x.2.0	x	2	28.1.2003	0,27	0,27	6,0		21:08
x.1.0	x	1	29.1.2003	0,31	0,31	16,0		7:56
x.1.1	x	1	29.1.2003	0,29	0,29	16,0		7:56
x.1.2	x	1	29.1.2003	0,28	0,28	16,0		7:56
z.1.0	z	1	29.1.2003	0,30	0,30	16,0		7:56
z.1.1	z	1	29.1.2003	0,31	0,31	16,0		7:56
z.1.2	z	1	29.1.2003	0,32	0,32	16,0		7:56
z.2.2	z	2	29.1.2003	0,38	0,38	16,0		7:56
z.2.1	z	2	29.1.2003	0,32	0,32	16,0		7:56
z.2.0	z	2	29.1.2003	0,28	0,28	16,0		7:56
x.2.2	x	2	29.1.2003	0,34	0,34	16,0		7:56
x.2.1	x	2	29.1.2003	0,29	0,29	16,0		7:56
x.2.0	x	2	29.1.2003	0,26	0,26	16,0		7:56
x.1.0	x	1	29.1.2003	0,35	0,35	24,0		15:57
x.1.1	x	1	29.1.2003	0,33	0,33	24,0		15:57
x.1.2	x	1	29.1.2003	0,32	0,32	24,0		15:57
z.1.0	z	1	29.1.2003	0,35	0,35	24,0		15:57
z.1.1	z	1	29.1.2003	0,37	0,37	24,0		15:57
z.1.2	z	1	29.1.2003	0,40	0,40	24,0		15:57
z.2.2	z	2	29.1.2003	0,43	0,43	24,0		15:57
z.2.1	z	2	29.1.2003	0,41	0,41	24,0		15:57
z.2.0	z	2	29.1.2003	0,40	0,40	24,0		15:57
x.2.2	x	2	29.1.2003	0,39	0,39	24,0		15:57
x.2.1	x	2	29.1.2003	0,30	0,30	24,0		15:57
x.2.0	x	2	29.1.2003	0,30	0,30	24,0		15:57
F.1.0	F	1	28.1.2003	0,28	0,28	0,0	548 Karttulan- lantie	14:22
F.1.1	F	1	28.1.2003	0,27	0,27	0,0		14:22
F.1.2	F	1	28.1.2003	0,30	0,30	0,0		14:22
G.1.0	G	1	28.1.2003	0,26	0,26	0,0		14:22
G.1.1	G	1	28.1.2003	0,26	0,26	0,0		14:22
G.1.2	G	1	28.1.2003	0,26	0,26	0,0		14:22
G.2.2	G	2	28.1.2003	0,22	0,22	0,0		14:22
G.2.1	G	2	28.1.2003	0,23	0,23	0,0		14:22
G.2.0	G	2	28.1.2003	0,22	0,22	0,0		14:22
F.2.2	F	2	28.1.2003	0,25	0,25	0,0		14:22
F.2.1	F	2	28.1.2003	0,21	0,21	0,0		14:22
F.2.0	F	2	28.1.2003	0,26	0,26	0,0		14:22
F.1.0	F	1	28.1.2003	0,29	0,29	0,1	Levitys 16:55	17:37
F.1.1	F	1	28.1.2003	0,36	0,36	0,1		17:37
F.1.2	F	1	28.1.2003	0,38	0,38	0,1		17:37
G.1.0	G	1	28.1.2003	0,28	0,28	0,1		17:37
G.1.1	G	1	28.1.2003	0,39	0,39	0,1		17:37
G.1.2	G	1	28.1.2003	0,41	0,41	0,1		17:37
G.2.2	G	2	28.1.2003	0,36	0,36	0,1		17:37
G.2.1	G	2	28.1.2003	0,35	0,35	0,1		17:37
G.2.0	G	2	28.1.2003	0,25	0,25	0,1		17:37
F.2.2	F	2	28.1.2003	0,41	0,41	0,1		17:37
F.2.1	F	2	28.1.2003	0,35	0,35	0,1		17:37
F.2.0	F	2	28.1.2003	0,27	0,27	0,1		17:37
F.1.0	F	1	28.1.2003	0,38	0,38	4,0		20:39
F.1.1	F	1	28.1.2003	0,37	0,37	4,0		20:39
F.1.2	F	1	28.1.2003	0,41	0,41	4,0		20:39

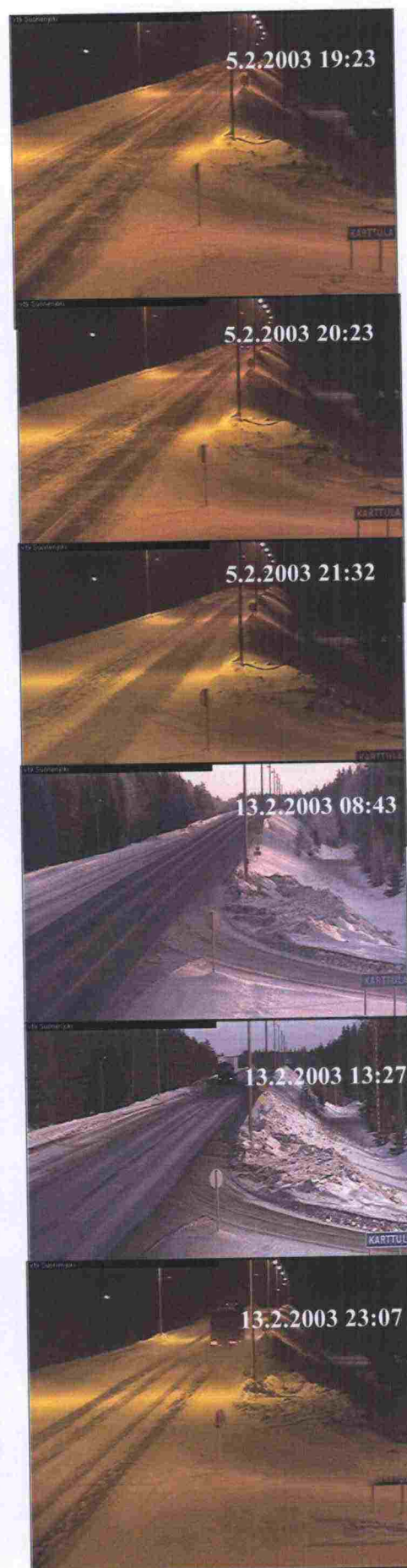
ID	KOE ID	SUUN- TA	AIKA	SKITKA	SMEDIAN	Mittaus H	SELI	KLO
G.1.0	G	1	28.1.2003	0,37	0,37	4,0		20:39
G.1.1	G	1	28.1.2003	0,39	0,39	4,0		20:39
G.1.2	G	1	28.1.2003	0,41	0,41	4,0		20:39
G.2.2	G	2	28.1.2003	0,41	0,41	4,0		20:39
G.2.1	G	2	28.1.2003	0,33	0,33	4,0		20:39
G.2.0	G	2	28.1.2003	0,32	0,32	4,0		20:39
F.2.2	F	2	28.1.2003	0,42	0,42	4,0		20:39
F.2.1	F	2	28.1.2003	0,31	0,31	4,0		20:39
F.2.0	F	2	28.1.2003	0,32	0,32	4,0	hiekkalaidoilla	20:39
F.1.0	F	1	29.1.2003	0,39	0,39	15,0		7:34
F.1.1	F	1	29.1.2003	0,40	0,40	15,0		7:34
F.1.2	F	1	29.1.2003	0,45	0,45	15,0		7:34
G.1.0	G	1	29.1.2003	0,43	0,43	15,0		7:34
G.1.1	G	1	29.1.2003	0,43	0,43	15,0		7:34
G.1.2	G	1	29.1.2003	0,42	0,42	15,0		7:34
G.2.2	G	2	29.1.2003	0,39	0,39	15,0		7:34
G.2.1	G	2	29.1.2003	0,32	0,32	15,0		7:34
G.2.0	G	2	29.1.2003	0,37	0,37	15,0		7:34
F.2.2	F	2	29.1.2003	0,42	0,42	15,0		7:34
F.2.1	F	2	29.1.2003	0,29	0,29	15,0		7:34
F.2.0	F	2	29.1.2003	0,38	0,38	15,0		7:34
4.1.0	4	1	11.2.2003	0,27	0,27	0,0		14:18
4.1.1	4	1	11.2.2003	0,26	0,26	0,0		14:18
4.1.2	4	1	11.2.2003	0,34	0,31	0,0		14:18
4.2.2	4	2	11.2.2003	0,35	0,35	0,0		14:18
4.2.1	4	2	11.2.2003	0,34	0,34	0,0		14:18
4.2.0	4	2	11.2.2003	0,37	0,37	0,0		14:18
4.1.0	4	1	11.2.2003	0,24	0,24	0,1		14:59
4.1.1	4	1	11.2.2003	0,41	0,41	0,1		14:59
4.1.2	4	1	11.2.2003	0,46	0,46	0,1		14:59
4.2.2	4	2	11.2.2003	0,46	0,46	0,1		14:59
4.2.1	4	2	11.2.2003	0,43	0,43	0,1		14:59
4.2.0	4	2	11.2.2003	0,34	0,34	0,1		14:59
4.1.0	4	1	11.2.2003	0,26	0,26	1,0		16:09
4.1.1	4	1	11.2.2003	0,29	0,29	1,0		16:09
4.1.2	4	1	11.2.2003	0,45	0,45	1,0		16:09
4.2.2	4	2	11.2.2003	0,46	0,46	1,0		16:09
4.2.1	4	2	11.2.2003	0,39	0,39	1,0		16:09
4.2.0	4	2	11.2.2003	0,35	0,35	1,0		16:09
4.1.0	4	1	11.2.2003	0,24	0,24	3,0		17:56
4.1.1	4	1	11.2.2003	0,24	0,24	3,0		17:56
4.1.2	4	1	11.2.2003	0,40	0,40	3,0		17:56
4.2.2	4	2	11.2.2003	0,39	0,39	3,0		17:56
4.2.1	4	2	11.2.2003	0,37	0,37	3,0		17:56
4.2.0	4	2	11.2.2003	0,32	0,32	3,0		17:56
4.1.0	4	1	12.2.2003	0,28	0,28	19,0		10:17
4.1.1	4	1	12.2.2003	0,31	0,31	19,0		10:17
4.1.2	4	1	12.2.2003	0,33	0,32	19,0		10:17
4.2.2	4	2	12.2.2003	0,34	0,34	19,0		10:17
4.2.1	4	2	12.2.2003	0,32	0,32	19,0		10:17
4.2.0	4	2	12.2.2003	0,31	0,30	19,0		10:17
4.1.0	4	1	12.2.2003	0,26	0,26	21,0		11:47
4.1.1	4	1	12.2.2003	0,27	0,27	21,0		11:47
4.1.2	4	1	12.2.2003	0,34	0,32	21,0		11:47
4.2.2	4	2	12.2.2003	0,32	0,32	21,0		11:47
4.2.1	4	2	12.2.2003	0,30	0,30	21,0		11:47

ID	KOE _ID	SUUN- TA	AIKA	SKITKA	SMEDIAN	Mittaus H	SELI	KLO
4.2.0	4	2	12.2.2003	0,33	0,33	21,0		11:47
13.1.0	13	1	13.2.2003	0,00	0,00		***** ???	16:14
13.1.1	13	1	13.2.2003	0,32	0,32	72		16:14
13.1.2	13	1	13.2.2003	0,33	0,33	72		16:14
14.1.0	14	1	13.2.2003	0,31	0,28	?		16:14
14.1.1	14	1	13.2.2003	0,29	0,29	?		16:14
14.1.2	14	1	13.2.2003	0,36	0,36	?		16:14
14.2.2	14	2	13.2.2003	0,41	0,43	?		16:14
14.2.1	14	2	13.2.2003	0,31	0,31	?		16:14
14.2.0	14	2	13.2.2003	0,48	0,48	?		16:14
13.2.2	14	2	13.2.2003	0,39	0,39	vino		16:14
14.2.1	14	2	13.2.2003	0,35	0,35	?		16:14
14.2.0	14	2	13.2.2003	0,50	0,50	?		16:14
m.1.0	m	1	11.2.2003	0,32	0,32	4,0		17:34
m.1.1	m	1	11.2.2003	0,46	0,46	4,0		17:34
m.1.2	m	1	11.2.2003	0,45	0,45	4,0		17:34
m.2.2	m	2	11.2.2003	0,46	0,46	4,0		17:34
m.2.1	m	2	11.2.2003	0,44	0,44	4,0		17:34
m.2.0	m	2	11.2.2003	0,34	0,34	4,0		17:34
m.1.0	m	1	12.2.2003	0,35	0,35	21,0	vaihtelua !!	9:56
m.1.1	m	1	12.2.2003	0,36	0,36	21,0		9:56
m.1.2	m	1	12.2.2003	0,41	0,41	21,0		9:56
m.2.2	m	2	12.2.2003	0,43	0,43	21,0		9:56
m.2.1	m	2	12.2.2003	0,37	0,37	21,0		9:56
m.2.0	m	2	12.2.2003	0,37	0,36	21,0		9:56
m.1.0	m	1	12.2.2003	0,33	0,33	22,0		11:26
m.1.1	m	1	12.2.2003	0,34	0,34	22,0		11:26
m.1.2	m	1	12.2.2003	0,40	0,40	22,0		11:26
m.2.2	m	2	12.2.2003	0,42	0,42	22,0		11:26
m.2.1	m	2	12.2.2003	0,35	0,35	22,0		11:26
m.2.0	m	2	12.2.2003	0,35	0,35	22,0		11:26
06.1.0	06	1	6.3.2003	0,26	0,26	0,0	69	12:46
06.1.1	06	1	6.3.2003	0,23	0,23	0,0		12:46
06.1.2	06	1	6.3.2003	0,26	0,26	0,0		12:46
07.1.0	07	1	6.3.2003	0,26	0,26	0,0		12:46
07.1.1	07	1	6.3.2003	0,21	0,21	0,0		12:46
07.1.2	07	1	6.3.2003	0,26	0,26	0,0		12:46
07.2.2	07	2	6.3.2003	0,27	0,27	0,0		12:46
07.2.1	07	2	6.3.2003	0,23	0,23	0,0		12:46
07.2.0	07	2	6.3.2003	0,26	0,26	0,0		12:46
06.2.2	06	2	6.3.2003	0,27	0,27	0,0		12:46
06.2.1	06	2	6.3.2003	0,24	0,22	0,0		12:46
06.2.0	06	2	6.3.2003	0,23	0,23	0,0		12:46
06.1.0	06	1	6.3.2003	0,24	0,26	0,1		13:18
06.1.1	06	1	6.3.2003	0,34	0,33	0,1		13:18
06.1.2	06	1	6.3.2003	0,37	0,37	0,1		13:18
07.1.0	07	1	6.3.2003	0,25	0,25	0,1		13:18
07.1.1	07	1	6.3.2003	0,36	0,36	0,1		13:18
07.1.2	07	1	6.3.2003	0,39	0,39	0,1		13:18
07.2.2	07	2	6.3.2003	0,38	0,38	0,1		13:18
07.2.1	07	2	6.3.2003	0,37	0,37	0,1		13:18
07.2.0	07	2	6.3.2003	0,24	0,24	0,1		13:18
06.2.2	06	2	6.3.2003	0,39	0,39	0,1		13:18
06.2.1	06	2	6.3.2003	0,37	0,37	0,1		13:18
06.2.0	06	2	6.3.2003	0,23	0,23	0,1		13:18
06.1.0	06	1	6.3.2003	0,24	0,24	9,0		22:02

ID	KOE _ID	SUUN- TA	AIKA	SKITKA	SMEDIAN	Mittaus H	SELI	KLO
06.1.1	06	1	6.3.2003	0,23	0,23	9,0		22:02
06.1.2	06	1	6.3.2003	0,27	0,27	9,0		22:02
07.1.0	07	1	6.3.2003	0,20	0,20	9,0		22:02
07.1.1	07	1	6.3.2003	0,25	0,25	9,0		22:02
07.1.2	07	1	6.3.2003	0,28	0,28	9,0		22:02
07.2.2	07	2	6.3.2003	0,26	0,26	9,0		22:02
07.2.1	07	2	6.3.2003	0,25	0,25	9,0		22:02
07.2.0	07	2	6.3.2003	0,24	0,24	9,0		22:02
06.2.2	06	2	6.3.2003	0,30	0,30	9,0		22:02
06.2.1	06	2	6.3.2003	0,27	0,27	9,0		22:02
06.2.0	06	2	6.3.2003	0,21	0,21	9,0		22:02
06.1.0	06	1	7.3.2003	0,26	0,26	19,0		7:58
06.1.1	06	1	7.3.2003	0,26	0,26	19,0		7:58
06.1.2	06	1	7.3.2003	0,27	0,27	19,0		7:58
07.1.0	07	1	7.3.2003	0,26	0,26	19,0		7:58
07.1.1	07	1	7.3.2003	0,29	0,29	19,0		7:58
07.1.2	07	1	7.3.2003	0,28	0,28	19,0		7:58
07.2.2	07	2	7.3.2003	0,29	0,29	19,0		7:58
07.2.1	07	2	7.3.2003	0,25	0,25	19,0		7:58
07.2.0	07	2	7.3.2003	0,23	0,23	19,0		7:58
06.2.2	06	2	7.3.2003	0,30	0,30	19,0		7:58
06.2.1	06	2	7.3.2003	0,28	0,28	19,0		7:58
06.2.0	06	2	7.3.2003	0,25	0,25	19,0		7:58
06.1.0	06	1	6.3.2003	0,26	0,26	6,0	Videokuva	18:20
06.1.1	06	1	6.3.2003	0,25	0,25	6,0		18:20
06.1.2	06	1	6.3.2003	0,30	0,30	6,0		18:20
07.1.0	07	1	6.3.2003	0,22	0,22	6,0		18:20
07.1.1	07	1	6.3.2003	0,27	0,27	6,0		18:20
07.1.2	07	1	6.3.2003	0,31	0,31	6,0		18:20
07.2.2	07	2	6.3.2003	0,30	0,30	6,0		18:20
07.2.1	07	2	6.3.2003	0,27	0,27	6,0		18:20
07.2.0	07	2	6.3.2003	0,22	0,22	6,0		18:20
06.2.2	06	2	6.3.2003	0,00	0,00	6,0	mittaus loppu	18:20
06.2.1	06	2	6.3.2003	0,00	0,00	6,0	mittaus loppui	18:20
06.2.0	06	2	6.3.2003	0,00	0,00	6,0	mittaus loppui	18:20

KELIKAMERAKUVAT

Tiesääasematietojen lisäksi sää- ja kelivaihtelujen selvittämiseksi käytettiin vt 3:n ja mt 548 liittymässä olevaa kelikameraa. Kamera kuvaa noin 30 min välein, kelikuvia saatiin talteen 2950 kpl. Kuvassa olevaa ramppia käytettiin myös koekohteena.



TIESÄÄTIETOJA SUONENJOKI

Seuraaville liitesivuille on kerätty käyrämuodossa tärkeimmät tiesäämuuttujat Suonenjoen ja Salo/Tupuri tiesääasemista. Tiedot on poimittu 20 min. välein kerätystä perusdatasta ja laskettu niistä yhtä tuntia kuvaavat arvot. Lämpötilat ovat yhden tunnin keskiarvoja ja sadanta tunnin viimeisen kertymähavainnon erotus verrattuna edellisen havaintotunnin sadekertymään. Em. tavalla laske-
malla yksittäisen havainnon puuttuminen tai keruutiheyden muutos ei vaikuta lopputulokseen.

Sadekertymä on vesi [mm], mutta kerrottu vakiolla, jotta yhden tunnin sade näkyisi graafissa. Hyvin hiljaiset ja rankat sateet voivat suhteessa olla suuruudeltaan vääristyneitä. Pienikin sade on yleensä merkityksellinen talvihoidolle ja liukkaudentorjunnalle. Hieman yksinkertaistaen: aina kun sade aiheuttaa aurausta, niin hyvänkin hiekoituksen teho menetetään. Kastepiste-eron avulla voidaan arvioida kosteuden tai kuuran muodostumista ja myös muodostuneen jään pysyvyyttä. Jos kastepiste-ero on positiivinen useita asteita, niin tie kuivuu itsestään, kuuraa ei muodostu ja polannepinnat pysyvät (usein) pitävinä eikä ajouriin muodostu esim. pakkasliuikkautta. Jos kastepiste on voimakkaasti kuivuvan puolella ja pakkasen kiristyy on mahdollista, kitka-arvot paranevat niin että liukkaudentorjuntaa ei tarvita.

Hyvin voimakas kuuranmuodostus alkaa kun tien pinta on pakkasella ja jos kastepiste-ero on useita asteita negatiivinen. Tien pinnan ollessa yli nollan muodostuu negatiivisen kastepiste-eron tilanteessa siihen vettä, tämä vesi voi jäätyä nopeasti ns. mustaksi jääksi jos tiepinnan lämpö putoaa.

		Vesi [mm]			
		Summa	Ka ilma C	Ka Tie C	Kastep ero C
Suonenjoki vt9	Tammi	49	-6,9	-8,8	-,9
	Helmi	39	-2,9	-4,8	-,4
	Maalis	31	-1,7	-1,3	3,8
	Huhti	10	3,5	8,3	10,7
	Marras	30	-2,8	-4,3	-,3
	Joulu	33	-11,3	-12,7	-,3
YHTEENSÄ		191	-3,8	-4,0	2,1

Taulukko 1. Talven 01/02 eräät tiesääätunnusluvut.

		Vesi [mm]	Lumi cm 1mm = 1 cm <0,5 C			
		Summa	Summa	Ka ilma C	Ka tie C	Kp ero C
Suonenjoki vt9	Tammi	32	27	-12,9	-15,5	-1,2
	Helmi	18	18	-6,6	-8,9	-,8
	Maalis	21	10	-1,1	-,5	4,6
	Huhti	12	7	,9	5,6	10,2
	Loka	20	13	-,8	-,6	2,3
	Marras	52	44	-6,3	-6,7	,2
	Joulu	17	17	-11,9	-13,5	-,6
YHTEENSÄ		171	135	-5,5	-5,6	2,2

Taulukko 2. Talven 02/03 eräät tiesääätunnusluvut Suonenjoella. KK-tason lämpötilojen keskiarvon lisäksi on tähän arvioitu mikä osuus sadannasta on ollut lumena.

TIESÄÄTIETOJA SALO/TUPURI

Salo /Tupurin asema kuvaa kohtalaisesti tyypillisiä olosuhteita rannikon läheisyydessä. Havaintoarkistosta puuttui marraskuun tie ja kastepistetiedot. Sateen kokonaismäärää on kasvattanut muutama erityisen runsas päivä, systemaattinen anturivirhe tiesääasemassa sellaisina päivinä on mahdollinen.

Salon tiedossa näkyy 01/02 talvena tyypillinen rannikkoilmiö, jossa sateita eri muodossa on tiheästi ja lämpötila sahaa nollan yli. Talvi 02/03 muistutti Salossa enemmän sisämaan normaaleja olosuhteita. Talven 02/03 tiesääkäyristä on liitteissä esimerkkinä yhdistetty joulutammikuu.

		Vesi [mm]	Ka ilma C	Ka Tie C	Kastep ero C
		Summa			
Tupuri	Tammi	84	-3,5	-3,8	,5
	Helmi	58	-1,2	-1,5	1,1
	Maalis	51	,1	,9	3,7
	Huhti	4	5,8	11,0	12,8
	Marras	83	-,3		
	Joulu	36	-7,0	-6,7	1,6
YHTEENSÄ		316	-1,1	-,1	6,1

Taulukko 3.

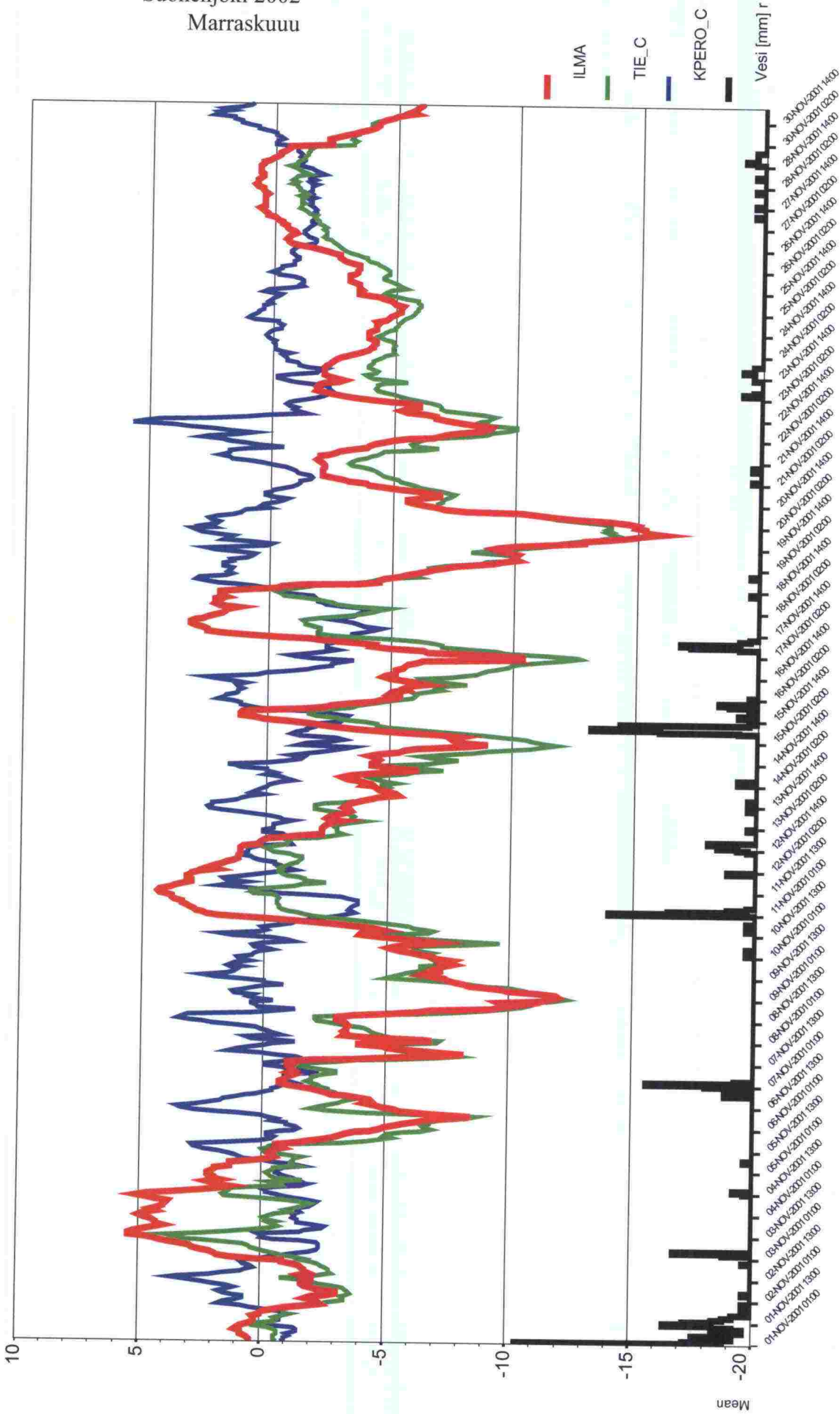
Talven 2001-2002 tiesäätietojen yhteenveto Salo/Tupuri tiesääasemalta. Kuukausittaiset käyrät päivätasolla ovat tässä liitteessä.

		Vesi [mm]	Lumi cm 1mm = 1 cm <0,5 C	Ilma C	Ka tie C	Kp ero C
		Summa	Summa	Ka ilma C		
Tupuri vt1	Tammi 03	32	29	-9,1	-9,5	1,1
	Helmi 03	6	6	-6,0	-5,9	1,9
	Maalis 0	9	7	-,7	,0	5,0
	Huhti 03	34	25	2,7	6,6	10,7
	Loka 02	39	28	,3	1,3	4,2
	Marras 02	43	26	-3,1	-2,4	1,7
	Joulu 02	7	6	-8,0	-8,1	1,5
YHTEENSÄ		171	127	-3,4	-2,5	3,7

Taulukko 4.

Talven 2002-2003 tiesäätietojen yhteenveto. Talvi oli edelliseen verrattuna huomattavan kylmä ja sisälsi pitkiä yhtenäisiä pakkasjaksoja. Jaksojen aikana olosuhteet eivät olleet erityisen herkkiä pakkasliukkaudelle, kuuralle. Tätä kuvaa

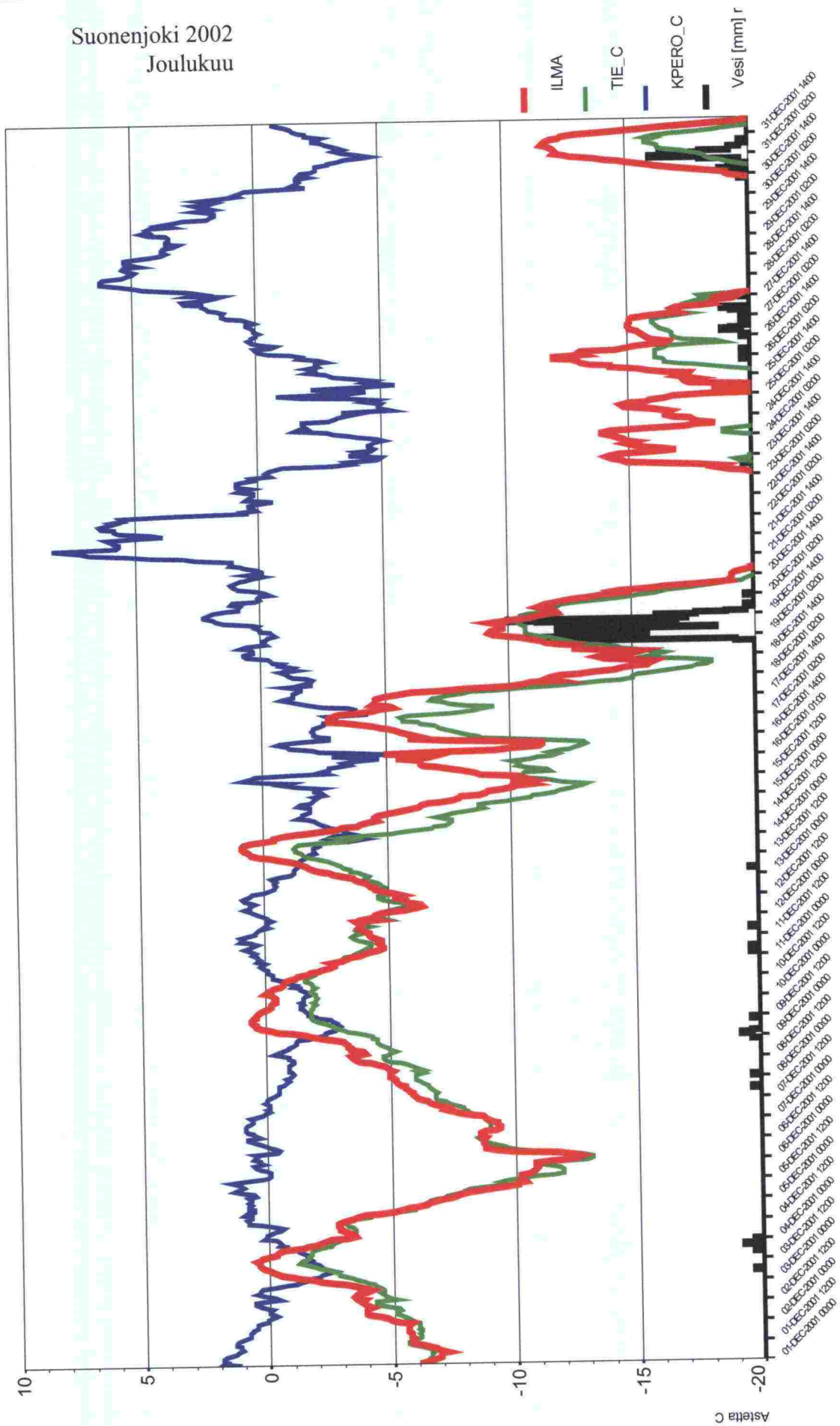
Suonenjoki 2002
Marraskuu



AIKA_HH

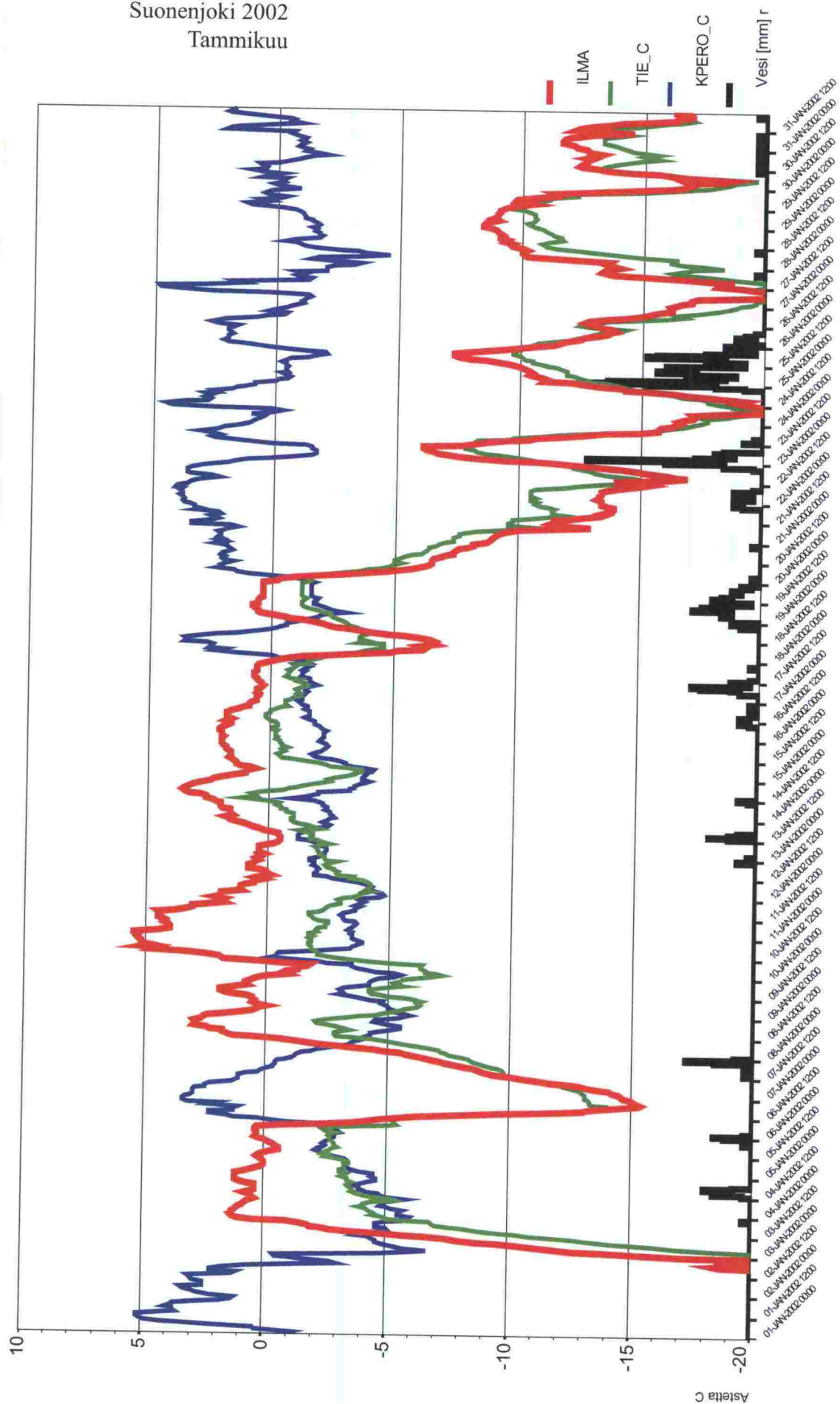
Suonenjoki 2002 Marraskuu

Suonenjoki 2002
Joulukuu



AIKA_HH

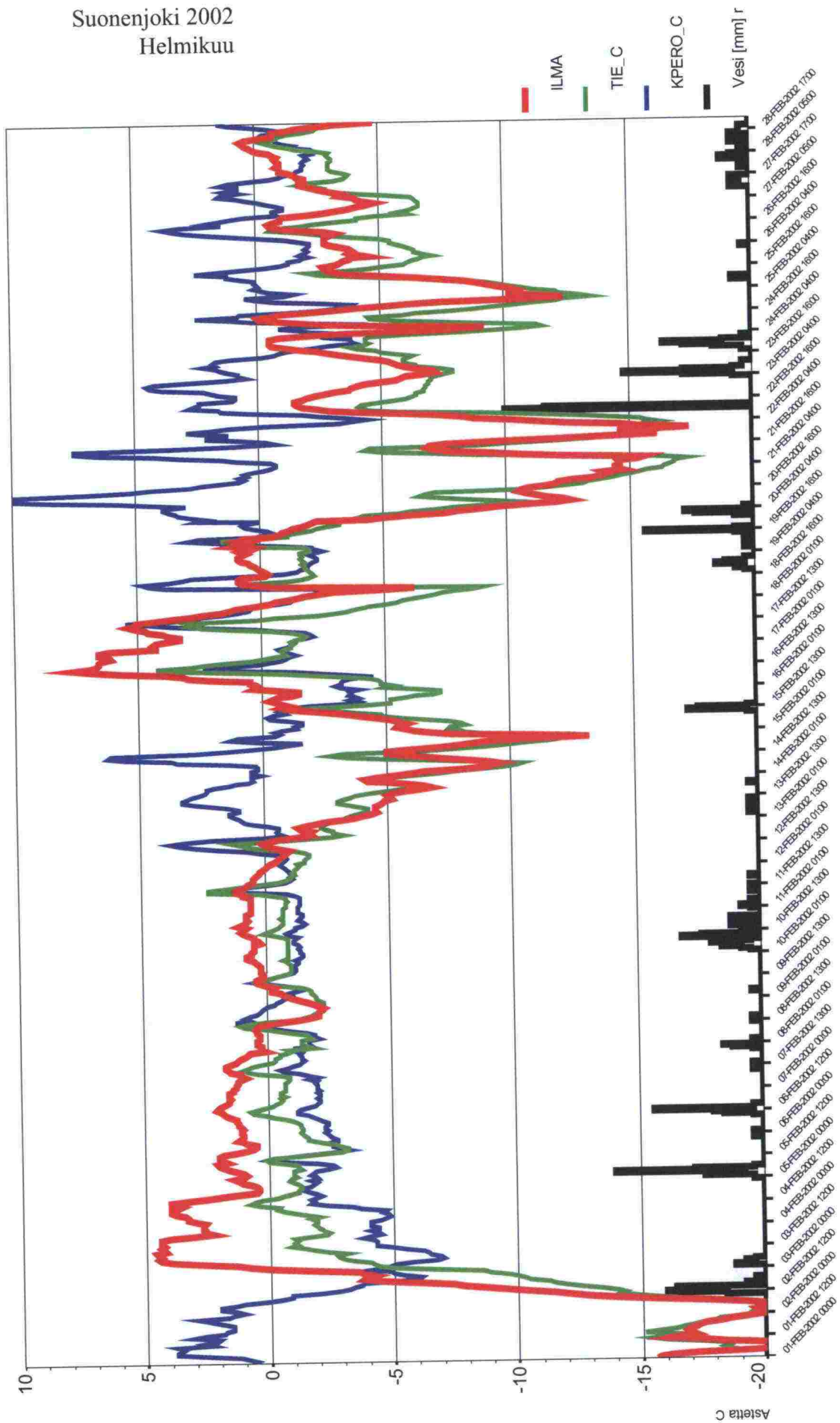
Suonenjoki 2001 Joulukuu

Suonenjoki 2002
Tammikuu

AIKA_HH

Suonenjoki 2002 Tammikuu

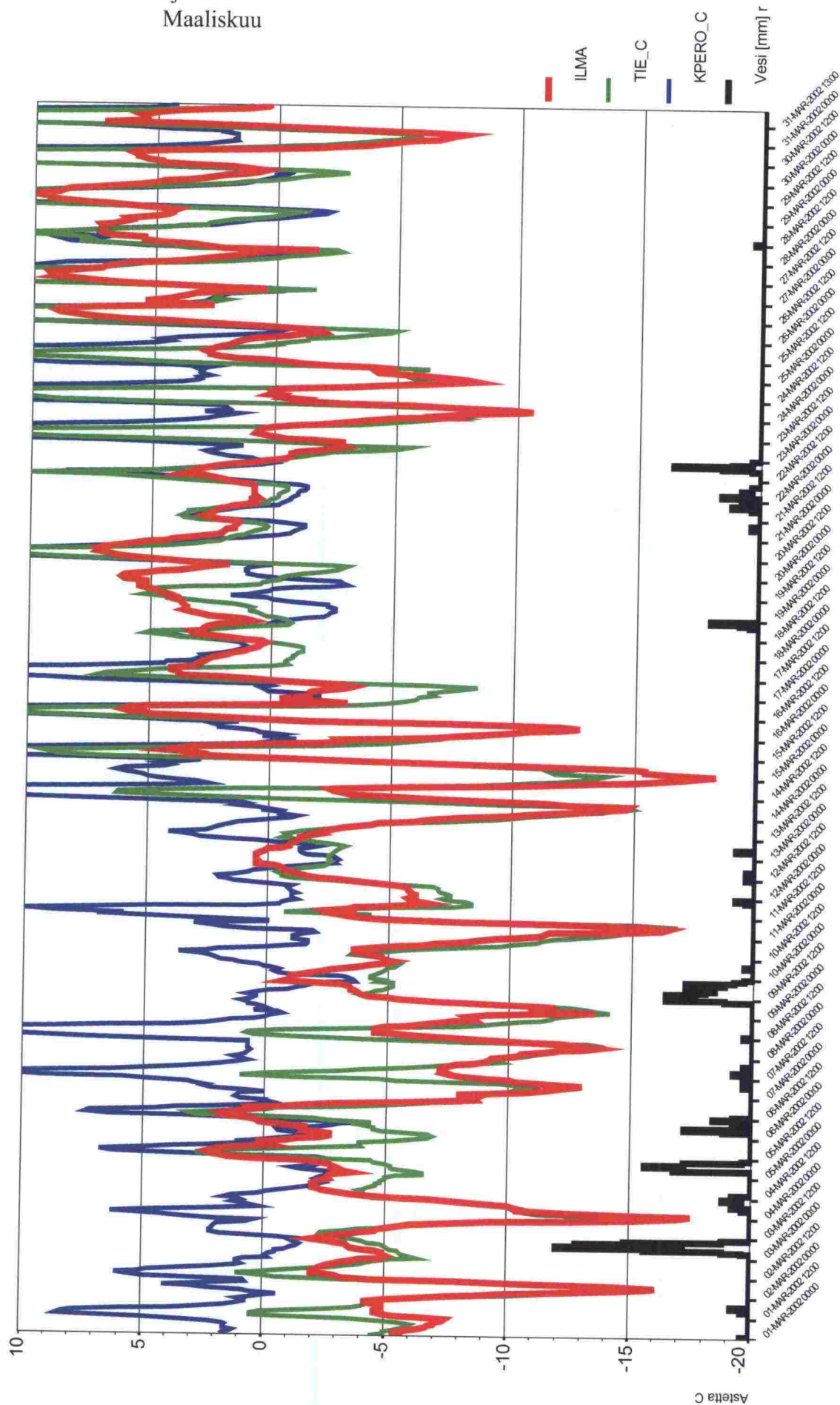
Suonenjoki 2002
Helmikuu



AIKA_HH

Suonenjoki 2002 Helmikuu

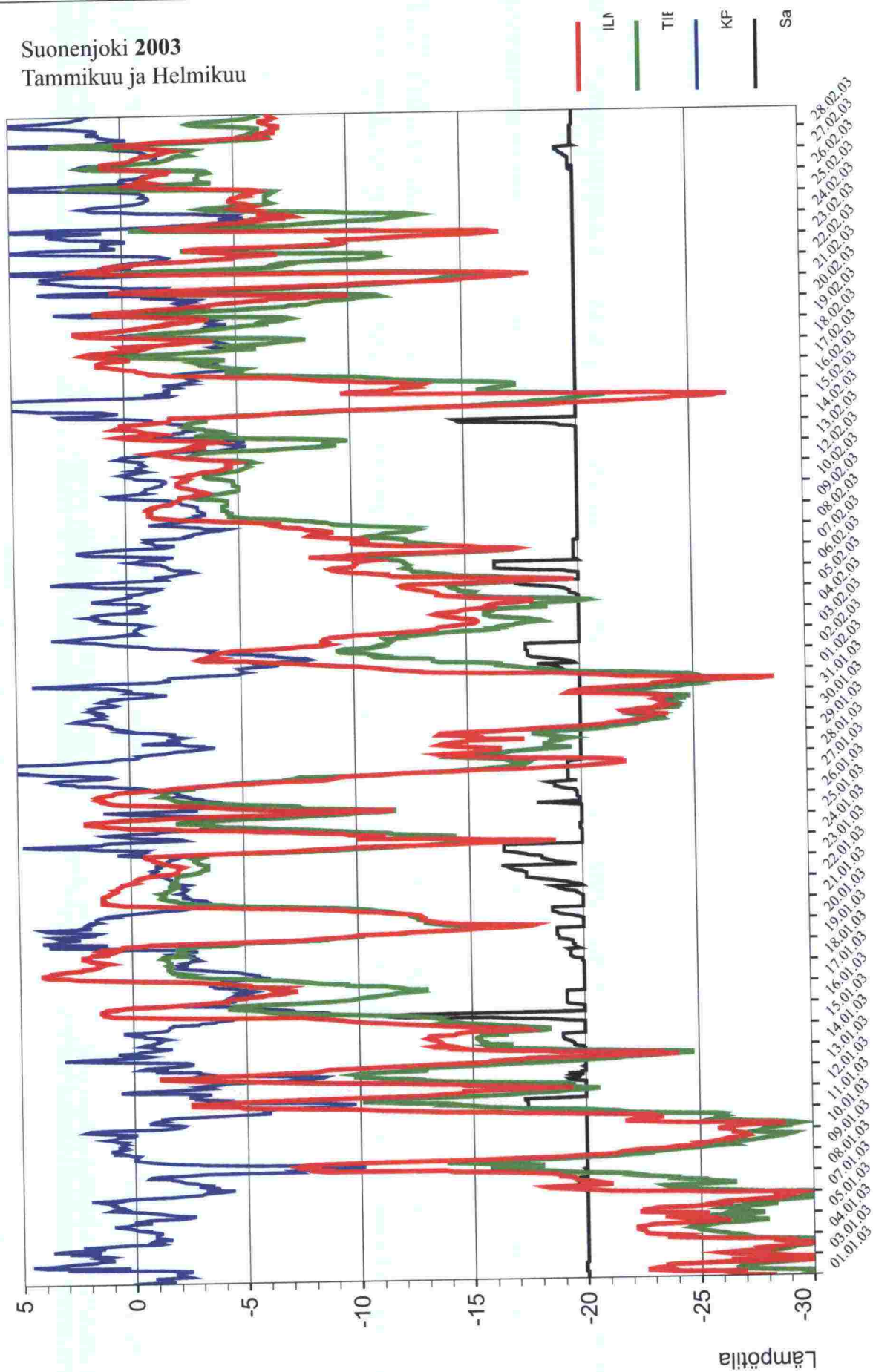
Suonenjoki 2002
Maaliskuu



AIKA_HH

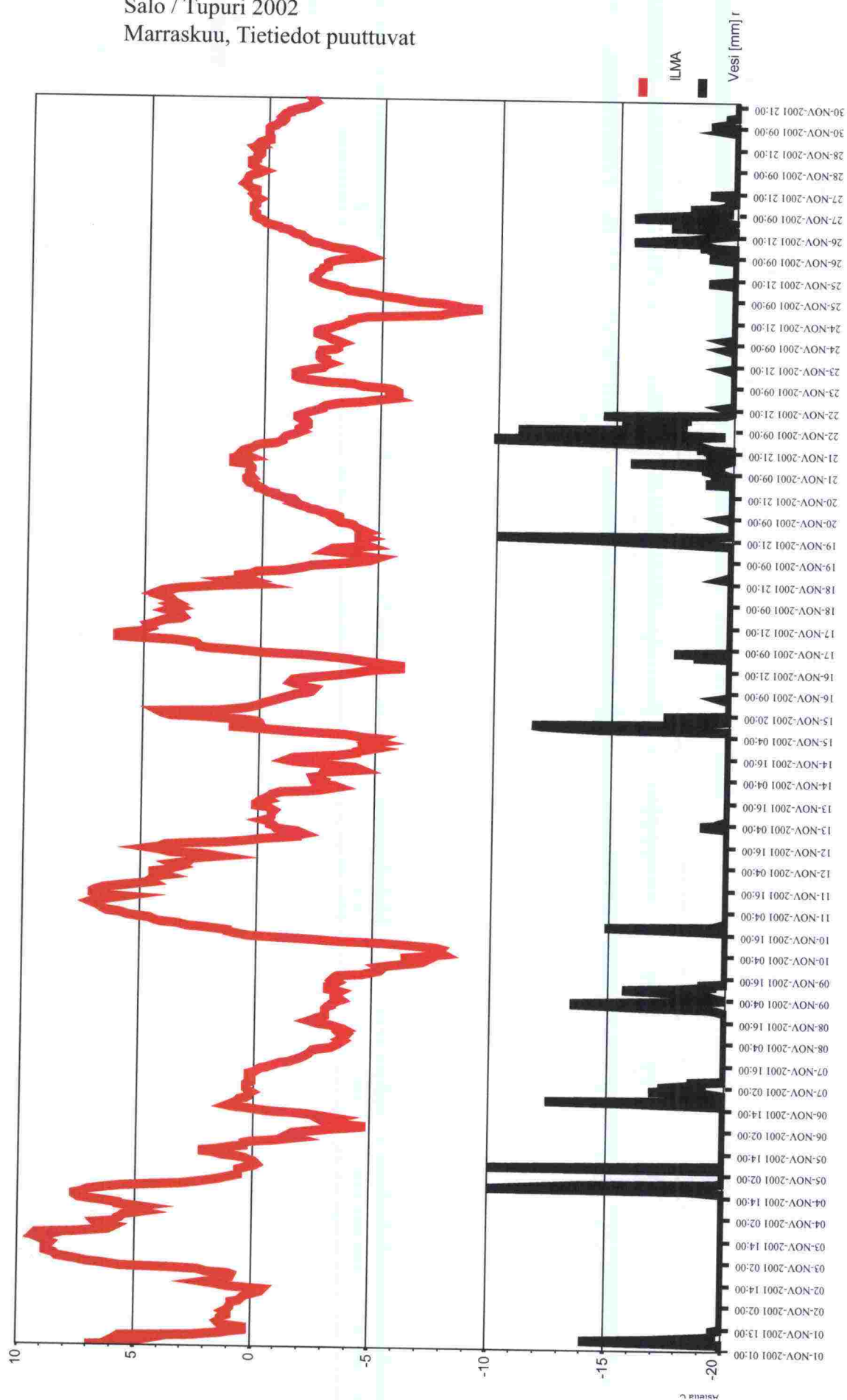
Suonenjoki 2002 Maaliskuu

Suonenjoki 2003
Tammikuu ja Helmikuu



Suonenjoki 2003 Tammi-Helmikuu

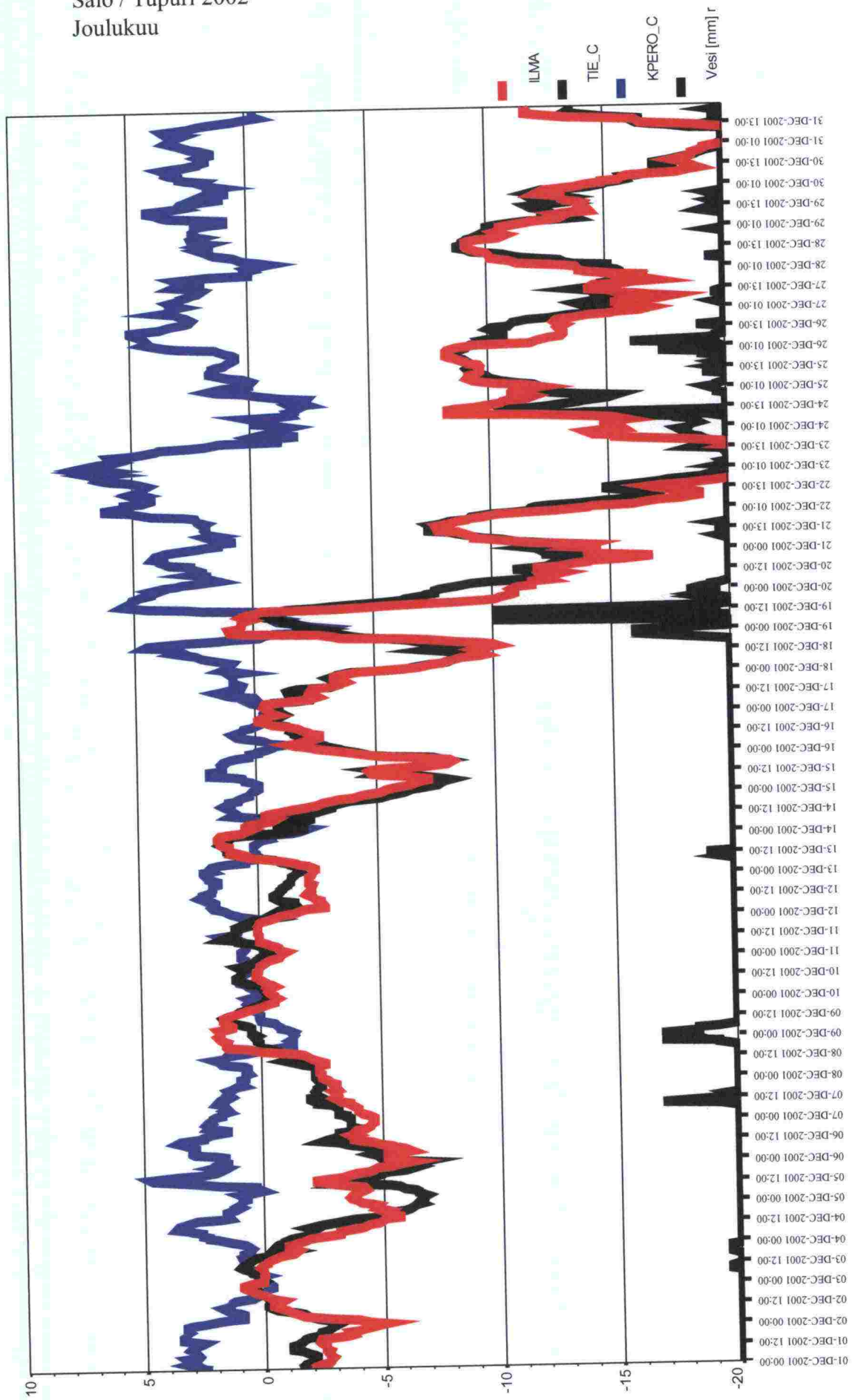
Salo / Tupuri 2002
Marraskuu, Tiedot puuttuvat



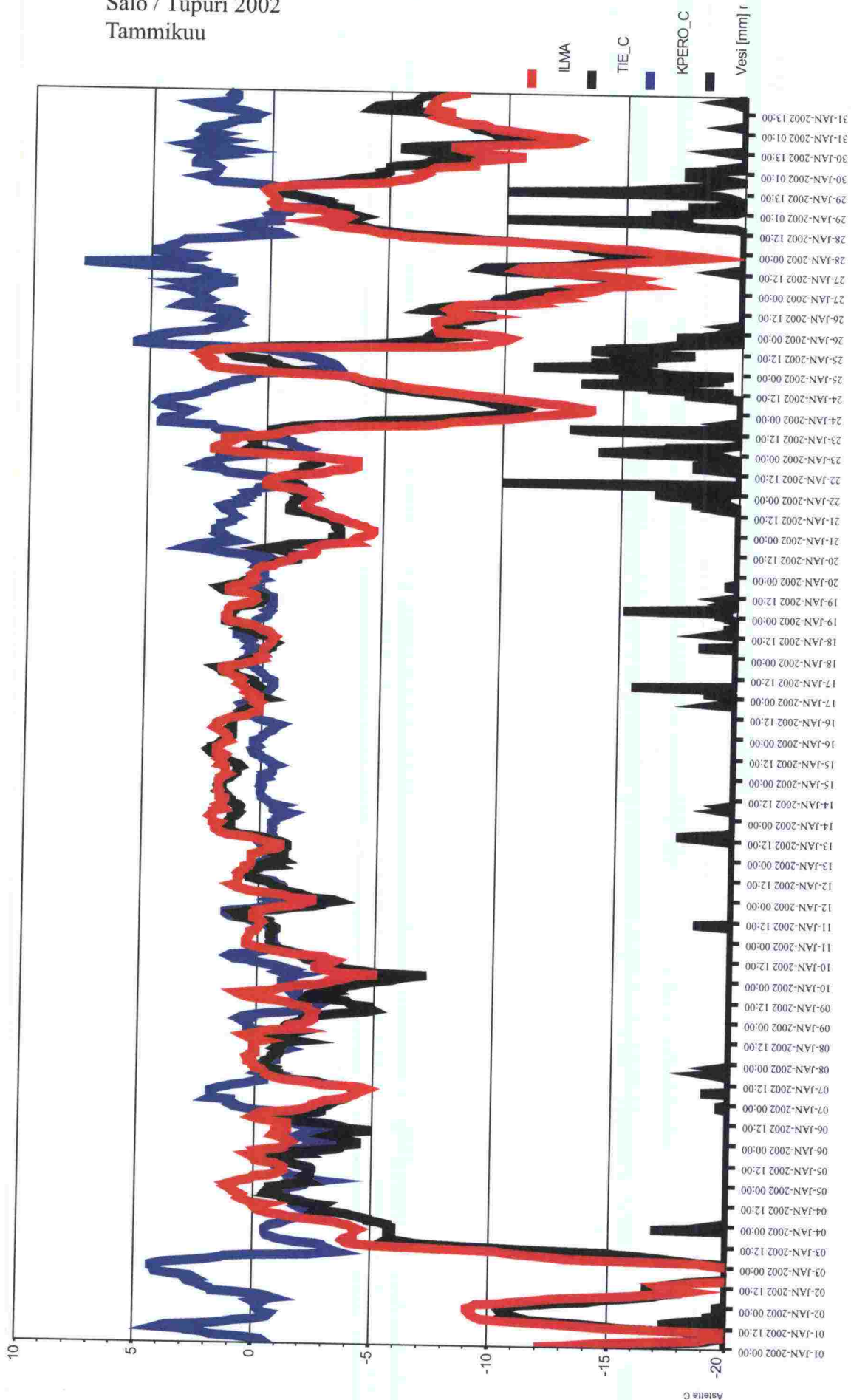
AIKA_HH

Salo Tupuri Marraskuu

Salo / Tupuri 2002
Joulukuu



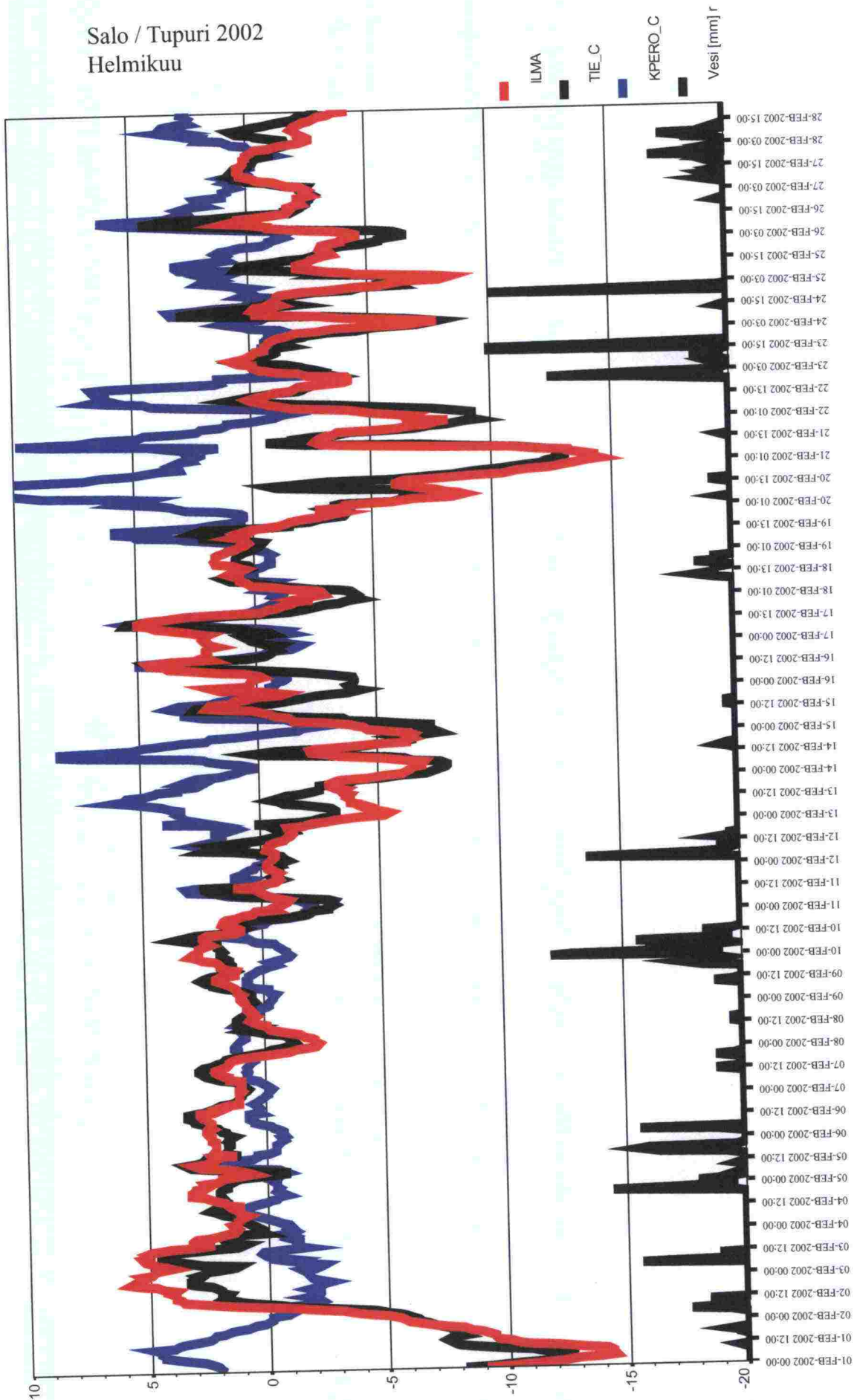
Salo / Tupuri 2002
Tammikuu



Aika_HH

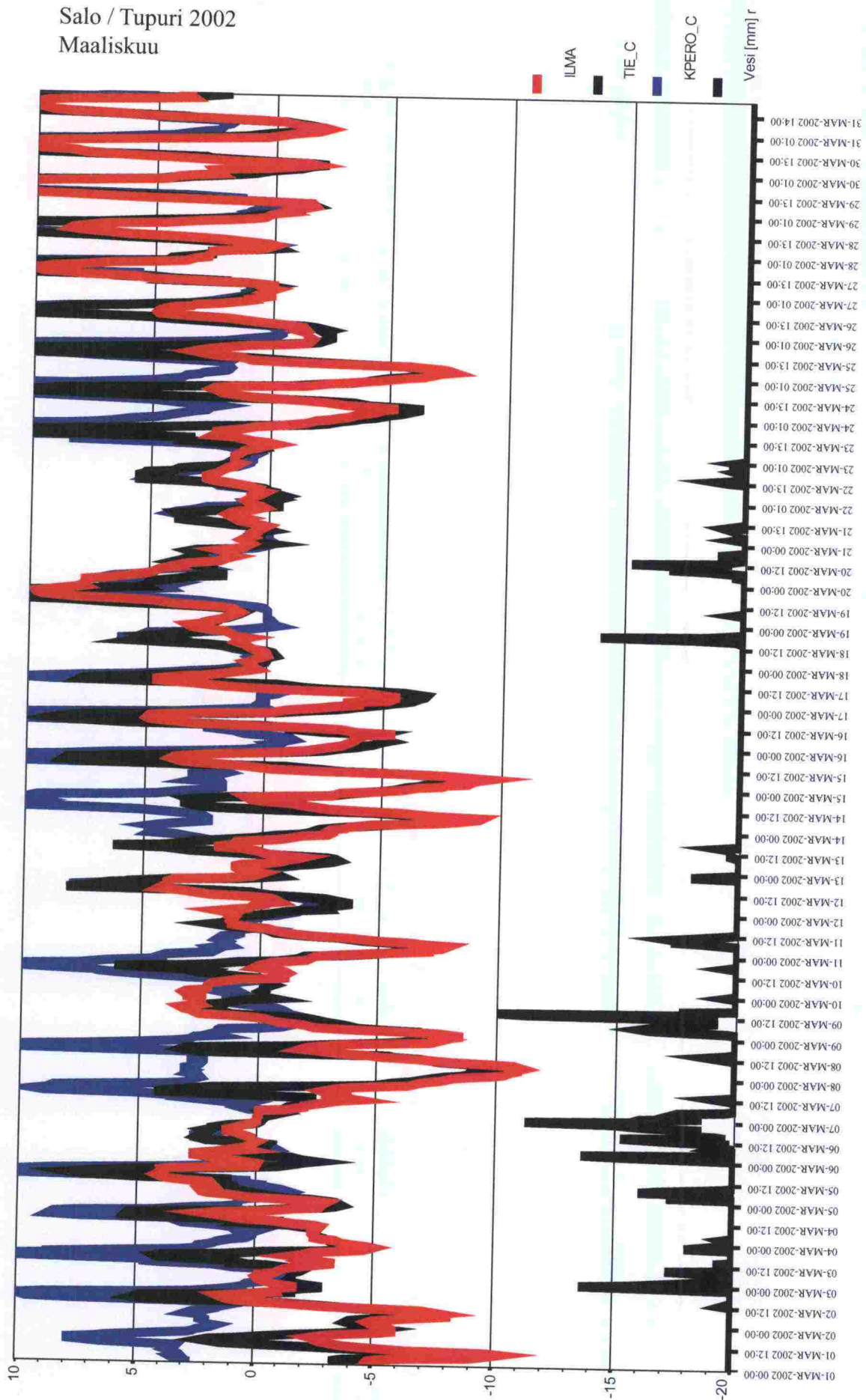
Salo Tupuri Tammikuu 2002

Salo / Tupuri 2002
Helmikuu



Salo / Tupuri 2002

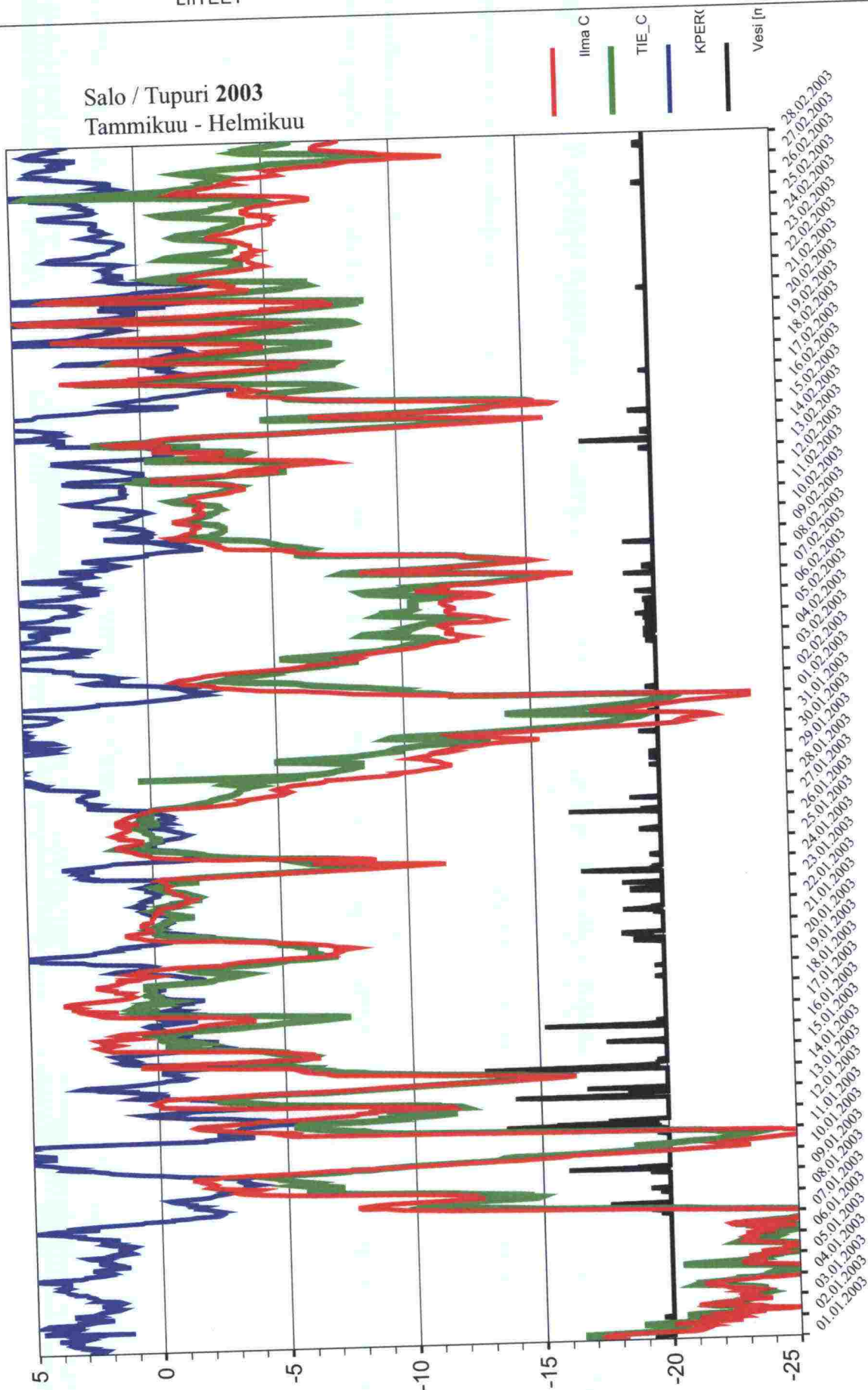
Maaliskuu



AIKA_HH

Salo Tupuri Maaliskuu 2002

Salo / Tupuri 2003
Tammikuu - Helmikuu



Tupuri 2003 Tammi-Helmikuu

